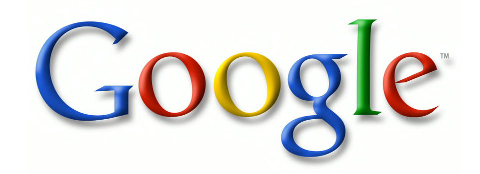
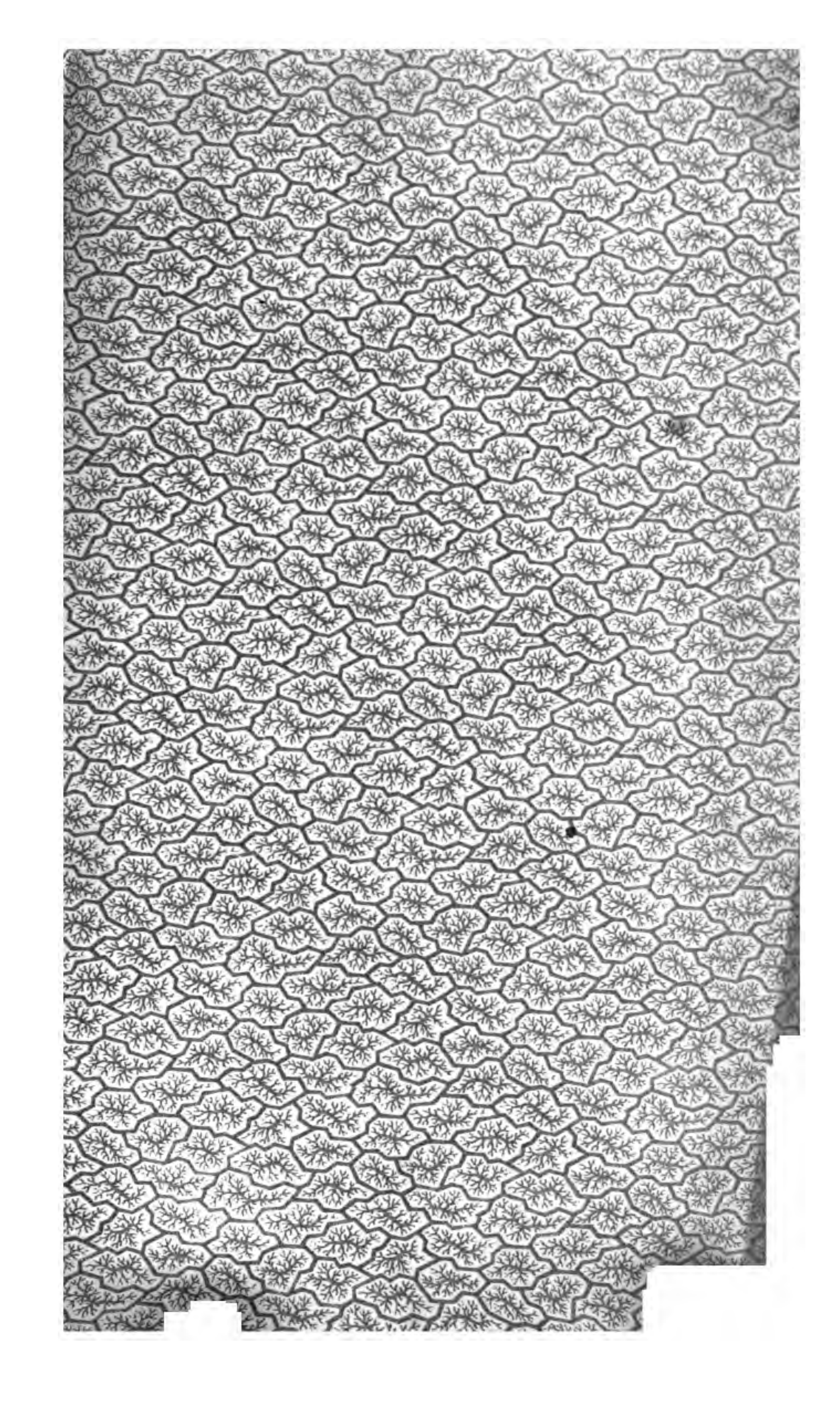






HISTOIRE

DES PROGRÈS

DE LA GÉOLOGIE.

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Jacob, 30.

HISTOIRE

DES PROGRÈS

DE LA GÉOLOGIE

DE 1834 A 1845,

PAR

A. D'ARCHIAC; de Saint-Simon

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE,

SOUS LES AUSPICES

DE M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.

TOME DEUXIÈME.

Première partie.

Terrain quaternaire ou diluvien.

PARIS.

AU LIEU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ,

RUE DU VIEUX COLOMBIER, 26.

1848.

W7

HISTOIRE

DES

PROGRÈS DE LA GÉOLOGIE

PENDANT LES ANNÉES 1834 A 1845.

PREMIÈRE PARTIE.

TERRAIN QUATERNAIRE OU DILUVIEN (1).

L'une des époques de la nature sur lesquelles on a le plus écrit dans ces derniers temps, celle qui a précédé immédiatement la nôtre et dont la durée comparative ne paraît pas avoir été bien longue, est cependant celle qui est encore le moins connue et qui a donné lieu au plus grand nombre d'hypothèses. Les caractères peu prononcés des sédiments qu'elle a laissés, leur faible épaisseur sur de grandes surfaces, l'enchevêtrement d'une part et la succession de l'autre de résultats difficiles à distinguer, l'absence de régularité, de symétrie et de continuité dans leur disposition générale, ont rendu les comparaisons que l'on a voulu faire et les relations que l'on a voulu établir toujours plus ou moins incomplètes ou incertaines.

Sous le point de vue organique, les mêmes difficultés se présentent, car nous voyons que des espèces d'animaux appartenant à diverses classes existaient avant l'époque actuelle et que la faune que nous avons sous les yeux n'a point été créée tout d'une pièce. Si l'homme a pris possession du globe après les derniers changements physiques généraux qui en ont affecté la surface, il n'a donc point apparu avec tout un ensemble d'organisations nouvelles,

(1) Nous donnons au mot *quaternaire* un sens tout à fait différent de celui qu'il avait dans l'origine, où il désignait ce que nous appellerons plus loin, avec les auteurs de la carte géologique de France, le *terrain tertiaire moyen* et *supérieur*.

et un certain nombre d'animaux, qui ont pu assister à son arrivée, comptaient déjà de nombreuses générations et avaient échappé au cataclysme, cause de la destruction d'une grande partie de leurs contemporains.

Jusqu'à présent il semble que la venue de l'homme sur la terre soit un phénomène à part, dans l'ordre physique comme dans l'ordre moral; et, sous ce double rapport, cette arrivée est restée un mystère profond dont il ne nous est peut-être pas réservé de soulever jamais le voile. Dans le champ plus spécial de nos recherches, nous ferons remarquer que les exemples que l'on a cités de débris humains ou de l'industrie de l'homme dans les cavernes et même dans des dépôts diluviens, associés à des ossements d'espèces perdues (1), n'ont encore convaincu qu'un petit nombre de personnes de la contemporanéité des uns et des autres, et peut-être pourrions-nous répéter ici ce que nous avons dit ailleurs : « Que » malgré ces débris innombrables de générations éteintes, d'ani- » maux élevés, qui remplissent les cavernes et le fond des vallées, » malgré la présence de ces grands pachydermes et de ces carnas- » siers qui annoncent que la nature avait pour ainsi dire complété » son œuvre par le développement des lois organiques les plus par- » faites et les plus compliquées à la fois, nulle part alors le pied de » l'homme n'avait encore imprimé sa trace, et la terre, qui semble » nous avoir ouvert ses entrailles pour nous permettre d'y lire l'his- » toire de ses révolutions successives, est jusqu'à ce jour restée muette » sur l'époque où l'espèce humaine apparut à sa surface (2). »

Lorsqu'un fait nouveau relatif aux terrains tertiaire, secondaire ou de transition vient à se produire, sa place dans la chronologie géologique est généralement facile à déterminer; mais pour ceux qui se rattachent au terrain quaternaire ou diluvien, il n'en est pas de même; chaque fait reste longtemps isolé, non seulement par rapport au temps précis où il s'est passé, mais encore par rapport

---

(1) Voyez sur ce sujet : Marcel de Serres, *Essai sur les cavernes à ossements*, p. 194 et 214, in-8, 3e édit. Paris, 1838. — J. Desnoyers, *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, vol. VI, p. 395. 1845. — Par suite de l'incertitude qui règne encore à cet égard, nous mentionnerons dans un chapitre de *paléontologie générale* les documents récemment publiés sur les traces de débris humains fossiles.

(2) D'Archiac, *Discours sur l'ensemble des phénomènes qui se sont manifestés à la surface du globe*, p. 28. Paris, 1840.

aux faits qui l'avoisinent de plus près géographiquement; d'où résulte une absence presque complète de coordination parmi les matériaux rassemblés jusqu'à ce jour. La science à cet égard ne se compose que de documents nombreux que l'on a cherché à relier par des théories trop exclusives dont la faiblesse se fait sentir, dès que l'on sort de l'étroit espace où elles ont été enfantées et appliquées pour la première fois. Nous serons donc obligé de donner, comparativement, beaucoup plus de détails sur ce terrain que sur les autres, pour préparer et faciliter l'établissement d'un ordre naturel que les recherches ultérieures pourront faire reconnaître. Puissions-nous, par la manière dont nous allons envisager et traiter ce vaste sujet, hâter le moment de sa complète élucidation et justifier les conclusions encore bien générales qu'un examen attentif nous a permis d'entrevoir.

Nous comprenons sous la dénomination de *terrain quaternaire* ou *diluvien* tous les dépôts régulièrement stratifiés ou non, marins, fluviatiles, lacustres ou torrentiels, solides, meubles ou incohérents qui se sont formés entre la fin de la période sub-apennine ou *tertiaire supérieure* et le commencement de l'époque actuelle, ou du *terrain moderne* dont nous nous sommes occupé dans le volume précédent. Nous y comprenons également les roches ignées qui se sont produites à la surface du globe dans le même intervalle, mais dont nous remettons à traiter avec celles de l'époque tertiaire, au commencement du troisième volume.

Ce terrain, qui correspond au *groupe des blocs erratiques* de M. de La Bèche et comprend les dépôts appelés *newer pliocenes* ou *pleistocenes* par M. Ch. Lyell, est encore à très peu près aujourd'hui, comme le disait il y a plus de quinze ans le premier de ces savants, extrêmement difficile à caractériser : « Il ne doit être re-» gardé que comme provisoire, et toutes les matières que l'on » désigne communément sous le nom de *diluvium* demandent » un examen sévère et détaillé (1). »

Nous traiterons des phénomènes de l'époque quaternaire en suivant l'ordre géographique que nous avons adopté dans le premier volume, c'est-à-dire en marchant du N. au S. et de l'O. à l'E. Dans chaque chapitre nous étudierons successivement les *plages soulevées* (*raised beachs*), la *formation erratique*, les *dépôts marins*

---

(1) *Manuel géologique*, traduction française, p. 205. 1833.

ou lacustres et les *fossiles qu'ils renferment*, les *traces attribuées à d'anciens glaciers*, les *brèches osseuses* et les *cavernes à ossements*, etc., suivant le plus ou moins d'importance que ces divers sujets offrent dans chaque pays.

CHAPITRE PREMIER.

TERRAIN QUATERNAIRE DU NORD DE L'EUROPE.

§ 1. Plages soulevées et dépôts meubles superficiels avec coquilles marines (1).

M. Keilhau (2) a décrit, dans le golfe de Drontheim, une ligne d'ancien rivage placée à 6 mètres au-dessus de eaux du Fiord. Il a signalé en outre, dans la préfecture de Nordlands et dans le Finmark, des cannelures horizontales à 16 et 23 mètres au-dessus du même niveau, ainsi que des accumulations de cailloux parallèles à la côte. A Hellesaaen, dans la préfecture de Smaalehnene, à 8 lieues de la mer et à 140 mètres d'altitude, on voit des Balanes encore adhérentes à la roche. Le gravier, avec des coquilles parfaitement conservées, se trouve dans plusieurs endroits, et le grand dépôt argileux, surtout dans le sud-est de la Norwège, où il atteint souvent jusqu'à 32 mètres d'épaisseur et davantage, appartient à la même époque. Les espèces de coquilles du gravier et des argiles, au nombre d'environ 50, sont toutes vivantes dans la mer du Nord. Des ossements de cétacés paraissent y avoir été aussi rencontrés. Scandinavie.

L'argile employée pour les briques, le gravier coquillier et la tourbe indiquent, par leurs différents niveaux, des soulèvements successifs. Les couches argileuses offrent particulièrement plusieurs terrasses dont le maximum d'élévation est d'à peu près 200 mètres (3). Le gravier coquillier s'étendant depuis la Suède méridionale

(1) Quoique nous réunissions dans une section particulière ce qui se rattache plus particulièrement au phénomène des plages soulevées, il nous arrivera souvent de parler par anticipation de la *formation erratique* et même des hypothèses auxquelles elle a donné lieu, parce que les géologues ont, dans beaucoup de cas, rattaché ces effets les uns aux autres et cherché pour eux une explication commune.

(2) *Nyt Magaz. fur Naturvidenskaberne*, mai 1835.

(3) Au Spitzberg, M. Keilhau a remarqué des bancs d'argile, élevés de 6 à 7 mètres au-dessus de la plage et analogues à ceux de la Scandinavie. Le *Buccinum carinatum* que l'on y trouve est une coquille exclusivement marine.

ou lacustres et les *fossiles qu'ils renferment*, les *traces attribuées à d'anciens glaciers*, les *brèches osseuses* et les *cavernes à ossements*, etc., suivant le plus ou moins d'importance que ces divers sujets offrent dans chaque pays.

CHAPITRE PREMIER.

TERRAIN QUATERNAIRE [illegible]

§ 1. Plages soulevées et dépôts meubles [illegible] marines [illegible].

M. Keilhau (2) a décrit, [illegible]
d'ancien rivage placé à [illegible]
a signalé en outre, dans [illegible]
mark, des cann[illegible]
même niveau, ainsi [illegible]
la côte. A Hel[illegible]
de la mer et à 1[illegible]
adhérentes à la [illegible]
conservées, se [illegible]
gileux, surtout dans [illegible]
jusqu'à 32 mètres [illegible]
époque. Les espèces [illegible]
nombre d'environ [illegible]
ossements de [illegible]

L'argile emp[illegible]
tourbe indiquent par [illegible]
cessifs. Les [illegible]
terrasses dont [illegible]
tres (3). Le gravier [illegible]

---

(1) Quoique [illegible]
se rattache [illegible]
il nous arrivera [illegible]
erratique et [illegible]
que les géol[illegible]
uns aux autres [illegible]

(2) *Nyt Mag.* [illegible]

(3) Au Spitzberg [illegible]
vés de 6 à 7 mètres [illegible]
Scandinavie. Le [illegible]
coquille exclu[illegible]

jusqu'au Finmark, les districts soulevés ont dû avoir une étendue très considérable, et, bien qu'il n'y ait pas de motif pour supposer que chaque secousse ait agi sur toute cette partie de la Scandinavie, une uniformité très remarquable, dans la distribution de ces amas, fait présumer qu'au moins quelques uns des soulèvements ont dû être presque généraux.

Des faits assez nombreux semblent prouver que la limite supérieure de la végétation s'est abaissée sur les hautes montagnes, non seulement en Suède, mais aussi dans la Norwège, qui ne paraît point partager aujourd'hui le soulèvement lent de la partie orientale de la presqu'île. On voit les forêts de pins (*P. silvestris*) se terminer sur les flancs de la chaîne par une bande ou zone d'arbres morts depuis plusieurs siècles et encore debout (1). Le soulèvement actuel de la Suède est attribué par l'auteur à des chocs assez faibles pendant les tremblements de terre, et dont l'effet ne serait appréciable qu'après leur répétition longtemps continuée.

Entre Arendal et Oester-Risoer, on remarque, dans l'intérieur des terres, des argiles coquillières à 100 mètres d'altitude, avec des Astartes, la *Mya truncata*, etc., recouvertes par des sables disposés sous forme de dunes et couronnés de blocs erratiques. D'après M. Eug. Robert (2) l'exhaussement graduel de la Norwège se serait arrêté depuis 200 ans dans le golfe de Christiania, et, entre cette ville et Drammen, un calcaire noir de transition est percé par des *Saxicava rugosa*, depuis 130 jusqu'à 160 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer.

Le même géologue (3) a observé sur les côtes d'Alten-Fiord, dans le Finmark, d'anciennes traces du séjour des eaux marines. On y reconnaît, non pas comme à Rolfsôe, des rivages successifs marqués par des galets, mais des terrasses disposées en gradins et résultant d'intermittences dans l'abaissement des eaux. Sur les mêmes points, le diorite poli présente, à marée basse, deux sortes de rayures,

---

(1) M. Ch. Martins signale une zone semblable de bouleaux morts et debout sur les flancs du Tromsdalstind, aux environs de Tromsoë. (*Voyage botanique le long des côtes septentrionales de la Norwège*, p. 61, in-8. Paris, 1845.

(2) *Bull.*, vol. IX, p. 115. 1838.

(3) *Ibid.*, vol. XIII, p. 27. 1842. — *Voyage en Laponie*, *en Scandinavie*, etc., p. 153. — *Voyage de la commission scientifique du Nord*, etc.; géologie, minéralogie et métallurgie, p. 65. Paris, 1843.

dont les unes correspondent aux feuillets de la roche et les autres au passage de cailloux poussés par les eaux. L'usure et le poli sont attribués par l'auteur à l'action de la mer. Près d'Hammerfest, à 25 ou 30 mètres au-dessus de l'Océan, est un dépôt de scories volcaniques noires, légères et roulées qui semblent avoir été transportées par les eaux, soit de l'Islande, soit de l'île de Jean-Mayen. Plus au nord, le long des côtes de Bell-Sund (Spitzberg), les traces du séjour de la mer sont encore marquées par des coquilles d'espèces vivantes dans les eaux environnantes (Myes, Saxicaves). Ces sables argileux coquilliers sont du même âge qu'un autre dépôt assez semblable, renfermant des morceaux de lignite et des galets.

En résumant ses observations sur une grande partie des côtes de la Norwège, de la Laponie et de la Suède, M. E. Robert conclut : 1° que la plupart de ces côtes portent des traces du séjour de la mer, à des hauteurs qu'il est généralement difficile d'apprécier sous le rapport des différences de niveau ; 2° que, d'après les terrasses et les rivages anciens, l'exhaussement du sol entier de la Scandinavie, ou plutôt le retrait de la mer, a peut-être éprouvé des intermittences, à moins de ne voir avec l'auteur, dans cette disposition, qu'un caractère propre à tous les *délaissements* de mer, de lacs ou de fleuves que l'on appelle *lais ;* 3° enfin, qu'à une grande hauteur, dans l'intérieur des terres, il existe des traces analogues à celles des côtes actuelles, principalement entre le point de partage des eaux de la mer du Nord et de celles de la Baltique, comme entre celui des eaux du fleuve Alten et de celles du Muonio.

M. Robert n'est pas porté à voir dans ces résultats, ni dans ceux de l'époque moderne, de véritables soulèvements partiels ou généraux, à cause de l'absence de phénomènes ignés et de sources thermales dans toute la presqu'île scandinave, de la rareté des tremblements de terre ou de leur peu d'énergie, et parce que le gneiss, la plus ancienne des roches de cristallisation, règne d'un bout à l'autre de la péninsule. Il pense que des atterrissements ont réuni un certain nombre d'îles qui se sont jointes au continent par l'éloignement de la mer ; mais nous verrons tout à l'heure combien cette opinion est contraire à une étude plus rigoureuse des faits, outre l'impossibilité physique d'attribuer à une pareille cause la position des graviers coquilliers à 200 mètres d'altitude sur les flancs des montagnes.

Les blocs erratiques se trouvent sur les côtes et dans l'intérieur du pays, là où existent des traces d'ancienne mer ou de

grands lacs aujourd'hui desséchés. Tantôt ces blocs reposent sur le sommet des rochers polis, tantôt ils gisent dans l'argile rougeâtre ou le sable qui forment les principaux atterrissements de la Scandinavie, surtout vers le fond des fiords qu'ils ont en partie comblés. L'argile constitue la base de ces atterrissements, et le sable la partie supérieure. La présence des blocs serait due à des causes analogues à celles qui agissent encore aujourd'hui, et l'auteur, qui trouve dans ces causes l'explication de tant de phénomènes divers, attribue les rayures observées sur les roches à l'altération inégale des feuillets de gneiss dont la stratification affecte une direction N.-O., S.-E., qui est celle de ces traces produites, suivant d'autres naturalistes, par le passage des blocs. Les stries des roches dures (diorite compacte, porphyres, etc.) ne seraient que des accidents résultant du mouvement des galets sur les parties polies; enfin les *œsars* de la Suède auraient été formés par des courants sous-marins, qui auraient donné en même temps à la Scanie, aux îles du Danemark et à un grand nombre de collines meubles les caractères que nous leur voyons.

Danemark. Ainsi la Séelande, la Fionie, le Jutland, le Holstein et même le Hanôvre sont regardés par M. E. Robert comme de grands atterrissements composés de sable argileux, grisâtre, enveloppant des blocs roulés et provenant de la destruction des roches scandinaves. Si ces atterrissements se continuaient, ils pourraient fermer le Sund et faire de la Baltique une Caspienne. C'est particulièrement à la décomposition des schistes argilo-talqueux, alternant avec le gneiss, que l'auteur attribue les éléments de ces dépôts modernes ou peu anciens.

M. Forchhammer (1) signale aussi dans le Danemark, le Schleswig et le Holstein, des coquilles placées à des hauteurs considérables au-dessus de la mer, et dont les analogues vivent encore dans le voisinage. Non loin de Bornhœvd (Holstein) on trouve, à 40 mètres d'altitude, des lits de cailloux roulés avec *Cardium edule*, *Littorina littorea*, *Buccinum undatum*, *Ostrea edulis*, dont les dimensions sont moindres, à la vérité, que celles de leurs analogues vivant sur la côte, mais identiques à celles des coquilles que l'on rencontre dans les dépôts d'Angleterre,

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 157. 1837—1841.

regardés comme ayant été récemment soulevés. L'élévation de ces couches paraît être antérieure à la formation des œsars de la Suède, qui se seraient déposés pendant une période d'abaissement subséquente, et à laquelle appartiendrait aussi une forêt de sapins, aujourd'hui recouverte de 3 mètres d'eau, entre l'île de Rœmoë et le rivage de Schleswig. Sur d'autres points, des forêts de chênes occupent la même position au-dessous du niveau moyen des eaux, et l'on peut penser que le mouvement ascensionnel des côtes orientales de la Scandinavie, qui a émergé les œsars et qui se continue encore, ne s'est point manifesté au sud ni à l'ouest, après la submersion de ces forêts.

Le rapport qu'a présenté M. Élie de Beaumont sur un mémoire de M. A. Bravais, relatif aux lignes d'ancien niveau de la mer dans le Finmark (1), non seulement a fait sentir toute l'importance des résultats rigoureux obtenus par le savant physicien de l'expédition du Nord, mais il a encore étendu et généralisé, plus qu'on ne l'avait fait jusque là, les phénomènes de soulèvements récents, observés sur les côtes de l'Europe occidentale. Aussi croyons-nous devoir présenter une analyse de ce rapport, qui comprendra en même temps le résumé des travaux de M. A. Bravais. Norwége.

Nous venons de voir que, d'après M. Keilhau, la Norwége entière, depuis le cap Lindesnœs jusqu'au cap Nord et à la forteresse de Vardhuus, avait été soulevée, à une époque antérieure aux monuments historiques. Sur la côte sud-est et dans la province de Drontheim, cette élévation a atteint 188 mètres, et des corps organisés, d'espèces vivantes sur le littoral, se trouvent accumulés à 158 mètres. Ces dépôts d'argile bleuâtre, avec fer oxydé hydraté, occupent des plaines étendues qui aboutissent à la mer, ou bien des terrasses latérales, à pentes rapides. La couche de sable paraît être d'une époque différente, et les accumulations de coquilles brisées, qui marqueraient une troisième série de phénomènes, constituent tantôt des masses irrégulières, tantôt des dépôts plus ou moins puissants. Les bancs coquilliers de Skiœldal et de Hellesaœn atteignent 144 mètres d'élévation.

---

(1) *Compt. rend.*, vol. XV, p. 817. 1842. — A. Bravais, *Voyage de la Commission scientifique du Nord en Scandinavie, en Laponie*, etc.

Autour du lac d'Odemark, ils sont à 110 et à Uddevalla à 63 mètres (1).

Du cap Lindesnœs au golfe de Drontheim, les côtes abruptes et très découpées n'ont pas permis un grand développement de l'argile coquillière, tandis que les sables, les graviers et les cailloux qui y prédominent constituent des collines plus ou moins étendues et d'origine encore incertaine, à cause du manque de débris organiques dans le plus grand nombre des cas. Plus au nord, les mêmes dépôts coquilliers sont encore fréquents, mais moins élevés que dans les vallées qui débouchent dans le golfe de Drontheim. Ainsi à Talvig, où ils renferment la *Mya truncata*, *Tellina baltica*, *Cyprina islandica*, ils ne sont qu'à 7 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Mais, outre ces preuves du séjour peu ancien des eaux sur les parties déclives et aujourd'hui émergées de ses côtes, la mer a encore laissé des marques des niveaux successifs qu'elle a occupés, et qui se rapprochent de plus en plus de son niveau actuel; ce sont des lignes d'érosion semblables à celles qui indiquent la ligne du flot, ou bien des terrasses comme celles qui se forment de nos jours, sur certaines plages, par l'entassement des matériaux que la mer agite sur ses bords.

Lignes d'anciens niveaux dans le Finmark.

M. A. Bravais a recherché avec le plus grand soin, sur les côtes du Finmark, depuis la baie d'Alten jusqu'à Hammerfest, du 70° au 71° lat. N., les traces de l'ancien niveau de la mer. Elles y constituent des terrasses ou banquettes plus ou moins distinctes et des lignes d'érosion sur les roches. L'auteur a reconnu d'abord deux lignes d'ancien niveau qui s'abaissent du S. au N. La plus élevée forme un plateau d'apparence horizontale et à pente rapide vers la mer, sur une étendue de 3000 mètres. Dans la partie sud d'Altenfiord, elle atteint 67^{m},4 au dessus de l'eau, et elle s'abaisse à 28^{m},6 aux environs d'Hammerfest. La ligne inférieure, située à 27^{m},7, sur le premier point, est à 14^{m},1 sur le second. Le premier soulèvement aurait été ainsi plus énergique que le second, et surtout réparti le

---

(1) Les naturalistes de nos jours, qui ont donné une certaine célébrité à cette dernière localité, ne savaient probablement pas qu'elle avait été décrite il y a cent ans par Linnæus lui-même. Ce grand homme a mentionné et fait figurer avec soin les coquilles qu'il avait recueillies dans les sables d'Uddevalla. Voyez *Wast-Gotha-Resa*, p. 197. Upsal, 1747 (en suédois).

long de la côte d'une manière plus uniforme. Ces deux lignes principales contournent le littoral, suivant des courbes qui lui sont concentriques et parallèles.

En réalité, les terrasses ne sont point horizontales ni parallèles entre elles, bien qu'elles le paraissent à l'œil qui ne peut embrasser qu'un petit espace. Ainsi le mouvement relatif de la terre et de la mer a été inégal dans les différents points de la baie. Il a été inégal au moins deux fois, et chaque fois dans le même sens, car les deux grandes lignes d'ancien niveau inclinent du même côté, en se rapprochant l'une de l'autre vers l'entrée actuelle du golfe. La différence des deux extrémités de la ligne supérieure est de près de 40 mètres sur une distance de 16 à 18 lieues.

Une ligne de niveau, que M. Bravais nomme *ligne intermédiaire*, paraît exister aussi entre les précédentes. Enfin une quatrième, placée entre l'inférieure et le niveau actuel de la mer, serait plus douteuse. Les périodes que ces deux dernières représentent auraient été plus courtes que celles des lignes principales. L'intercalation de la ligne moyenne change l'ordre de puissance des soulèvements successifs, et l'on voit que la plus grande force s'est manifestée lors du soulèvement le plus moderne. Le plus ancien a été le second en énergie, et celui qui l'a suivi a dû être le plus faible de tous.

Les blocs erratiques abondent dans le Finmark, et y présentent des dimensions considérables. Ils paraissent surtout nombreux, un peu au dessous de la ligne de niveau inférieure, et ils ont pu y être déposés par des glaces flottantes. Sur les montagnes, les surfaces polies et les sillons sont également fréquents et bien prononcés. On en trouve à de très grandes élévations, et fort près du niveau de la mer.

L'auteur ne pense pas que la formation de ces anciennes lignes puisse être expliquée par l'existence de lacs, dont les barrières auraient été rompues, et cela à cause de la grande différence de niveau que l'on observe entre les extrémités de chacune de ces lignes, et il fait voir que l'hypothèse d'un courant boueux ou de puissants cours d'eau, se dirigeant de l'intérieur vers la mer, n'est pas plus admissible que celle des glaciers, ou d'un déplacement dans la direction de la pesanteur. Il est probable qu'il y a eu faille, rupture ou au moins flexion sur quelques points, la mer ne pouvant changer de niveau sans laisser pour traces des lignes régulières et continues. La cause a donc agi sur le sol émergé; elle a élevé les côtes irrégulièrement, à diverses reprises, et de plus, ce mouvement a fait tourner plusieurs fois la partie soulevée autour d'une char-

nière à peu près constante; car les deux lignes principales de niveau se rencontrent en un point voisin de ceux où elles atteignent la surface actuelle de la mer, et peu éloigné aussi de la ligne qui entoure la série d'îles, dont la côte est bordée.

Quoiqu'il soit impossible de fixer exactement le temps pendant lequel le niveau de la mer s'est maintenu aux diverses stations qu'accusent les terrasses ou banquettes du Finmark, la profondeur des entailles faites dans certains endroits par les eaux sur des roches très solides, aussi bien que la largeur de ces mêmes terrasses de débris, accumulés ailleurs immédiatement sous la surface de l'eau, montrent que chaque ligne de niveau a été le bord de la mer pendant un grand laps de temps.

Ces résultats s'étendent d'ailleurs sur des espaces bien plus considérables, et les traces récentes des eaux se trouvent dans divers pays à des niveaux très différents. Ici, dans le Finmark, c'est à 68 mètres, sur les côtes de Norwège à 200 mètres, en Écosse à 359, dans le nord du pays de Galles à 424 mètres, pour redescendre ensuite en Cornouailles. On voit qu'une série d'ondulations s'est manifestée sur une étendue de près de 700 lieues du Spitzberg à la pointe sud-ouest de l'Angleterre. Mais dans d'autres parties contiguës, les ondulations, au lieu d'être ascendantes, sont descendantes, comme le prouvent les forêts sous-marines du Lincolnshire, des côtes orientales de l'Écosse, du Cornouailles, de la Bretagne, de la Normandie, et les plages de Schleswig et de la Poméranie, en face de la Scanie, qui s'abaisse aujourd'hui au lieu de s'élever, comme le reste de la Suède.

M. Keilhau pense comme M. de Buch que le soulèvement de la Norwège différait de celui qu'éprouve actuellement la Suède, et qu'ainsi que nous l'avons dit, ce changement total à l'ouest de la péninsule était la somme d'un certain nombre de changements partiels qui ont alterné avec des périodes de repos, et que la Norwège s'est pour ainsi dire exhaussée par saccades. La longue durée de ces périodes peut se prouver par la lenteur avec laquelle se forment de nos jours les dépôts sous-marins, et rien n'autorise à croire qu'ils aient pris naissance sous l'influence d'agents plus énergiques; « enfin s'il ne reste aucun doute, ajoute M. Keil- » hau (1), sur l'existence de la grande durée des périodes de repos,

(1) *Nyt Magazine for Naturvid.*, 1837, p. 254. — A. Bravais, *loc. cit.*, p. 58.

» il y en a encore sur la durée du soulèvement lui-même. On ne » saurait dire si ce dernier s'est opéré brusquement, comme la côte » du Chili en a fourni un exemple, ou s'il s'est accompli avec une » lenteur comparable à celle du soulèvement actuel des côtes sué- » doises. La proximité de celles-ci est un argument en faveur de » la dernière manière de voir, suivant laquelle la côte norwégienne » serait aujourd'hui sous le régime de la période de repos, tandis » que sa voisine du golfe bothnique serait au contraire dans la pé- » riode ascensionnelle. »

M. Daubrée (1), qui s'est aussi occupé du dépôt argileux du littoral de la Norwège où se trouvent des coquilles récentes, a fait voir qu'il était postérieur au polissage des roches qui le supportent et au creusement des stries qu'on y observe. Les îles et les îlots qui bordent la côte offrent également des surfaces cannelées et striées qui se prolongent sous les eaux jusqu'à une grande distance. Aussi l'auteur fait-il remarquer que si, lors de la formation des sillons, le sol de la Norwège était aussi bas que lors du dépôt des argiles bleues, il en résulterait que les corps striant ou polissant auraient fonctionné au moins jusqu'à 8 ou 10 myriamètres du rivage et sous une nappe d'eau de plus de 200 mètres de profondeur, ce que l'on ne peut admettre, soit que l'on adopte comme moteurs des courants fluides ou bien la glace elle-même.

Il résulte de cette observation importante, et dont la généralisation nous a permis d'établir une base pour classer les dépôts quaternaires, que le sol aurait été plus élevé lors de la formation des stries et des sillons que durant le dépôt des argiles ; et, entre l'époque des sillons et celle où nous sommes, il y aurait eu un abaissement de la péninsule pendant lequel les argiles se seraient déposées. Cette déduction semble en outre confirmée par l'absence, en Norwège et dans une grande partie de la Suède, des sédiments compris entre le terrain de transition et les dernières couches tertiaires, laps de temps immense durant lequel le sol de cette portion de la Scandinavie a été maintenu au-dessus des eaux. Mais plus tard, et à une époque comparativement bien rapprochée de nous, une partie considérable de cette même péninsule aurait éprouvé deux mouvements en sens contraire, et dont chacun aurait eu une amplitude verticale de 150 à 200 mètres.

---

(1) *Bull.*, vol. XIV, p. 573. 1843. — *Compt. rend.*, vol. XIV, p. 328. 1843.

Danemark et Suède.

M. Forchhammer (1) a décrit en Danemark, sous le nom de *formation de l'argile avec blocs*, un dépôt composé d'argiles jaunes et bleues, de marnes et de sable, renfermant des blocs de toutes les dimensions jusqu'à 100 pieds cubes. Son épaisseur est de plusieurs centaines de pieds; les blocs y sont disséminés à toutes les hauteurs, et la stratification en est rarement distincte. Ces accumulations constituent des collines qui ne sont pas disposées en chaînes séparées; elles sont éparses çà et là sur une grande portion du Danemark, recouvrent entièrement la partie méridionale de la Séelande, presque toute l'île de Fühnen, la plupart des îles situées à l'est, excepté Bornholm, et la côte orientale de la péninsule, de Randers à Lubeck.

Dans le duché de Schleswig il y a une liaison intime entre ces dépôts et les couches tertiaires avec lignites, et peut-être dans cette partie appartiendraient-ils à la période sub-apennine. Des dégagements d'acide carbonique se manifestent quelquefois dans les puits creusés pour extraire l'argile, et le mouvement ascensionnel du gaz paraît être subordonné aux variations atmosphériques, s'élevant quand le baromètre s'abaisse, et *vice versâ*.

Les plus gros blocs sont de granite, de gneiss, de porphyre, de syénite et de quartzite; ceux de moindre dimension proviennent surtout des calcaires et des diverses roches de la formation crétacée. Les blocs employés pour la fabrication de la chaux sont peu éloignés du lieu de leur origine, et le nombre des fragments d'une roche est toujours en rapport avec la distance de l'endroit où cette dernière se trouve en place, de sorte que le phénomène qui les a accumulés ainsi ne les a pas apportés de loin.

Beaucoup de dislocations locales ont été signalées dans les couches crétacées et tertiaires; mais un plus grand nombre encore se sont produites lors du dépôt des argiles où les blocs sont les plus nombreux et les plus volumineux. M. Forchhammer regarde comme très probable que les fragments de roches anciennes ou primaires

---

(1) *On the boulder formation*, etc. Sur la formation d'argile avec blocs, et sur les stries diluviennes dans le Danemark et une partie de la Suède. (*Ann. der Chem. und Phys.* de Poggendorff, vol. LVIII, p. 609. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 262. 1845. — *Rep.* 16th *Meet. brit. Assoc. at Southampton* 1846 (London, 1847), p. 51 des Notices. — *L'Institut*, 26 mars 1847. — Voyez aussi W. C. Trevelyan, *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 577.

ne viennent pas de la Suède, mais d'un massif granitique existant alors en place et qui aurait été entièrement détruit.

L'argile avec les gros blocs se trouve, surtout dans la partie orientale, en rapport avec les dépôts de lignite dont les strates, souvent verticaux, ont rarement une inclinaison de moins de 45°. A l'ouest du Jutland, ceux-ci sont au contraire réguliers, non redressés et recouverts sur quelques points seulement par l'argile avec blocs. La cause qui a dérangé les couches tertiaires paraît avoir aussi concouru au dépôt des argiles. Dans l'île de Sylt, ces dernières renferment beaucoup de morceaux de lave et une telle quantité de fragments de schistes et de calcaire ancien, que l'on doit croire à une très faible profondeur au-dessous les roches en place d'où ils proviennent. Il serait même possible que les couches siluriennes que l'on suit depuis les bords du lac Ladoga jusqu'à l'île de Bornholm se continuassent jusqu'à l'île de Sylt même.

La dernière assise de ce dépôt incohérent est composée de sable avec blocs, toujours stratifié et dont les couches sont généralement très inclinées et fort disloquées. Elle constitue alors des chaînes de collines à pentes rapides des deux côtés, et ressemblant sous ce rapport aux œsars de la Suède ainsi qu'aux *revler* de la côte occidentale du Jutland, où des digues ou banquettes parallèles de sable et de pierres se trouvent, pendant la haute mer, séparées les unes des autres. Dans le nord de la Séelande et du Jutland, cette assise forme un pays sablonneux, couvert de collines disposées sans ordre, et sur d'autres points, ce sont des buttes hémisphériques, quelquefois de 30 mètres d'élévation, et tellement rapprochées qu'elles se touchent par la base. Il n'y a pas de très gros blocs dans ces amas de sable, mais ceux qu'on y rencontre sont arrondis et fort nombreux par place. Ce dépôt semble provenir de la destruction du précédent ou de l'argile avec blocs, car les diverses espèces de roches s'y retrouvent dans les mêmes proportions. Les coquilles qu'on y a recueillies sur quelques points sont des espèces qui vivent encore sur la côte de la mer du Nord. Ce sont particulièrement : *Buccinum reticulatum*, *B. undatum*, *Littorina littorea*, *Ostrea edulis*, *Cardium edule*.

Quant aux œsars du centre et du sud de la Suède, M. Forchhammer les regarde comme des dépôts stratifiés, continus dans l'origine, mais ravinés ou découpés ensuite, et qui ont été formés de la même manière et à la même époque que les dépôts de transport du Danemark. Il est probable que ce géologue entend par là

la dernière assise dont nous venons de parler, et non l'argile avec blocs qui paraît être contemporaine de la grande zone argileuse du littoral de la Norwège.

Passant ensuite au mode de formation de l'argile avec blocs, l'auteur fait voir que les phénomènes dont il a décrit les résultats ne peuvent être expliqués par l'action d'anciens glaciers. Les circonstances qui s'opposent à cette explication sont 1° la relation intime du dépôt de transport avec les récifs de coraux brisés des roches crétacées les moins anciennes; 2° les fossiles répandus partout; 3° les rapports de ces dépôts avec les lignites, lesquels indiquent une température égale à celle des régions méditerranéennes de nos jours (1); 4° la stratification évidente qui prouve que l'accumulation a eu lieu sous les eaux; 5° la grande quantité de fragments de roches crétacées qui n'ont certainement pas été apportés des montagnes; 6° les innombrables dislocations qui ont été produites pendant que ces dépôts se formaient; 7° enfin la présence de l'arragonite qui y est répandue en si grande quantité, et qui exigeait pour sa cristallisation une température élevée.

La manière de voir de MM. Lyell et Hausmann, c'est-à-dire le transport des blocs et des graviers par les glaces flottantes, n'est pas plus admissible, suivant M. Forchhammer, parce qu'en Danemark le *drift* (2), avec les couches de sable et d'argile, constitue une série de dépôts successifs formés au fond de la mer. Les fossiles des lignites, les masses crétacées, les couches argileuses épaisses et les argiles avec blocs, proviennent des environs et non de pays éloignés. La couche de sable avec blocs a aussi un caractère tout littoral par ses fossiles et par sa stratification, et l'état roulé de ses blocs, de même que leurs rapports avec ceux de l'argile, sont des faits qui ne peuvent se concilier avec le transport par les glaces, lequel n'a lieu que dans des eaux profondes.

Sans diminuer la valeur des objections précédentes de l'auteur, on doit remarquer cependant, à l'égard de la dernière, qu'elle n'a point l'importance qu'il lui attribue, car on conçoit très bien que si

(1) Ces rapports apparents ne sont que partiels et le résultat de circonstances locales; autrement on ne pourrait pas admettre la contemporanéité que nous venons de supposer entre les argiles avec blocs et les argiles bleues de la côte de Norwège.

(2) Le mot *drift* est fréquemment employé par les géologues anglais et américains, et nous nous en servirons nous-même comme synonyme de *dépôt de transport*, *dépôt diluvien* ou *dépôt erratique*.

les glaces ne flottent que dans des eaux profondes, elles viennent échouer sur les bas-fonds voisins de la côte, et y abandonnent, en fondant, les détritus dont elles sont chargées, ou qu'elles tenaient enveloppés, lesquels sont ensuite remaniés et stratifiés par les vagues.

L'explication donnée par M. Sefstrœm ne serait pas admissible non plus, le laps de temps nécessaire pour la formation de semblables dépôts étant contraire à l'idée d'un seul déluge que l'on ne peut pas supposer avoir agi pendant toute la période tertiaire, ainsi qu'à l'existence d'une température élevée lors de la formation des lignites, et d'une mer septentrionale profonde, lorsque se déposait l'argile à Cyprines, mer qui s'est graduellement changée en bas-fond pendant l'accumulation des sables.

La plupart des géologues font intervenir l'eau comme agent essentiel dans le phénomène erratique du nord de l'Europe; mais si l'hypothèse d'un déluge universel ne peut rendre compte de la disposition des œsars du Danemark, non plus que de ceux de la Suède, on conçoit cependant qu'un courant ait pu modifier les caractères de ces dépôts vers la fin de leur formation, sans avoir été pour cela en rapport immédiat avec les stries et les sillons que l'on observe sur les roches des montagnes scandinaves.

Le sillonnement des roches et des dépôts de gravier et de sable n'a point eu de cause universelle, mais il doit être le résultat d'une multitude de dislocations partielles. Les sillons et les stries ont été formés par les eaux de la mer battant ou glissant contre les rochers, à une époque où les côtes étaient moins élevées qu'elles ne le sont aujourd'hui, et lorsque le soulèvement de la presqu'île scandinave était moindre. Les blocs des dépôts argileux et sableux, et les escarpements des roches résulteraient de l'action des vagues sur la côte et de grandes masses de détritus préexistantes, comme on en voit encore dans l'intérieur de la Suède, où il n'y a ni stries ni sillons. Ces anciens détritus auraient été produits par de violentes dislocations, dont l'effet aurait été augmenté par des dérangements plus récents, à la suite de tremblements de terre, et par l'action des gelées.

La cause des stries dans les sillons et le parallélisme des stries fines et profondes à la surface de certaines roches sont encore des sujets de doute pour le savant géologue danois; mais il essaie d'expliquer les premières par la gelée qui, réunissant, au moyen de l'eau glacée des vagues, les fragments de roche qui se trouvent dans les sillons, y forme une espèce de conglomérat solide, lequel, pen-

dant les tempêtes, peut se mouvoir et glisser dans ces mêmes sillons, de manière à y tracer des stries. Quant aux stries des parties élevées de la Norwège, où l'on remarque qu'elles sont dirigées dans tous les sens, elles seraient dues à ce que ces parties formaient l'ancien fond de la mer soulevé ensuite, et à ce que l'action des vagues, qui se manifestait d'abord dans une direction donnée, se serait fait sentir plus tard dans les autres.

La direction des stries paraissant en outre se trouver dans un certain rapport avec la ligne des côtes de la Suède et de la Norwège, M. Forchhammer se demande s'il est plus probable que le mouvement qui l'a produite ait eu lieu de la terre vers les baies que des baies vers la terre, et il est porté à admettre la dernière hypothèse, qu'il applique également à la Suède centrale. Il s'attache à démontrer en effet qu'une communication directe existait d'une part entre le golfe de Bothnie, le Catégat, laissant au sud, comme une île, la terre élevée de Smaeland, et de l'autre avec la mer Glaciale, suivant une dépression dont on retrouve les traces aux environs d'Uleaborg, de manière à isoler la Suède, de la Norwège et de la Finlande. Cette disposition rendrait compte des dépôts stratifiés du centre de la Suède et des caractères plus arctiques des coquilles que l'on trouve sur les côtes occidentales de la Norwège, et sur celles du nord du Jutland, soumises alors à l'influence directe de la mer Glaciale, dont elles sont aujourd'hui complétement à l'abri. Nous verrons tout à l'heure que cette idée avait déjà été émise en partie sous une autre forme par Bœhtlingk.

Le soulèvement graduel de la Scandinavie aura modifié ensuite ces relations, et les eaux se seront écoulées vers le N., le N.-E. et le S.-S.-O., directions où elles rencontraient le moins d'obstacle. Il aura pu en résulter aussi un puissant courant qui, du N. au S., aura produit des effets de dénudation sur le sol marin boueux et sableux qui se relevait, en même temps que se formaient les découpures de la côte de la Baltique, telles que le golfe de Dantzig. L'île de Bornholm porte des traces de ce phénomène, et la séparation de Rugen et de Moen ainsi que la baie profonde de Lubeck en sont encore des preuves. Repoussé par la côte, le courant a dû prendre une direction diagonale vers le nord, et l'examen des îles nombreuses du Danemark a confirmé l'auteur dans cette supposition. Aucun vestige de la présence de l'homme, ni même d'animaux terrestres n'ayant été trouvé dans ces dépôts meubles qui bordent le Sund, ce phénomène serait bien distinct de celui qui, plus récemment venant de l'O., a détruit

beaucoup de petites élévations ou tumulus des anciens habitants du Nord. C'est sans doute à cette dernière catastrophe que doivent se rapporter les vieilles légendes qui sont venues jusqu'à nous.

Nous ne discuterons point ici quelques unes des assertions de M. Forchhammer qui nous ont paru peu fondées, et d'autres qui n'ont peut-être pas toute la clarté désirable; elles seront plus naturellement réfutées par les observations réunies dans la section suivante. Si nous les avons mentionnées, c'est parce qu'elles se rattachaient aux dépôts d'atterrissement dont nous nous occupons, et afin de ne point rompre l'enchaînement des idées de l'auteur (1).

Bœhtlingk (2) a signalé aussi des plages soulevées ou terrasses sur les côtes du golfe de Bothnie, comme sur celles de la mer Glaciale, et entourant des collines rocheuses dans l'intérieur des terres. Ces dépôts seraient, dit-il, en rapport intime avec les œsars de la Finlande et de la Suède, ainsi qu'avec la formation des nombreux lacs allongés du N.-N.-O. au S.-S.-E., dans la direction même des stries. Mais on remarquera que si l'auteur ne confond pas les œsars avec les plages soulevées de la Norwège et du Danemark, les dépôts dont il parle dans le Nord doivent appartenir à l'époque actuelle comme les œsars eux-mêmes.

Dépôts coquilliers du bassin de la Dwina.

A une grande distance vers l'E.-N.-E. des pays dont nous venons de parler, les recherches d'un des géologues les plus éminents de nos jours, jointes à celles de ses savants collaborateurs, MM. de Verneuil et de Keyserling, ont fait connaître des dépôts probablement contemporains des plages soulevées de l'ouest. Sir R. I. Murchison (3) décrit, sur la rive droite de la Dwina, à 65 lieues au-dessus d'Archangel, des lits réguliers de sable et d'argile remplis de coquilles récentes. Ces lits, dont l'épaisseur totale est de 3 mètres, sont recouverts par 6 mètres de gravier et de détritus, et ils

---

(1) Voyez aussi : Baggesen, *Der danische Staat*, etc. État du Danemark. Notes sur les soulèvements et les affaissements locaux des côtes de ce royaume (*N. notiz.* de Froriep, vol. XX, 1841). — W. Hisinger, Squelette de *Plesiosaurus* trouvé dans une alluvion au-dessus de la craie en Suède (*Neu. Jahrb.*, 1835, p. 675).

(2) *Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, vol. VII, p. 107, 191. — *Ann. der Chem. und Phys.* de Poggendorff, 1841.

(3) *On the geol. structure*, etc. Sur la structure géologique des régions septentrionales et centrales de la Russie (*Rep. 10th Meet. brit. Assoc. at Glasgow* 1840. — *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 398. — *Bull.*, vol. XII, p. 63. 1841. — *The geology of Russia in Europe*, etc., vol. I, p. 327. 1845.

reposent sur des bancs de gypse subordonnés aux marnes rouges du système permien. Un peu plus au sud, sur les bords de la Vaga, les mêmes lits coquilliers se montrent encore. Des 23 espèces de coquilles qui y ont été recueillies, le plus grand nombre vit aujourd'hui dans la mer du Nord et prouve que ces dépôts sont du même âge que les plages soulevées de la Suède, de la Norwège, de l'Angleterre, etc. Nous verrons aussi plus loin que ceux qu'ont signalés MM. Bayfield et Logan dans l'Amérique du Nord, sur les bords du Saint-Laurent, renferment presque les mêmes espèces que dans le nord de l'Europe. Les *Mya truncata*, *Saxicava rugosa*, *Tellina calcarea*, *T. groenlandica*, *Mytilus edulis*, *Pecten islandicus* et *Natica clausa* étant les plus constantes dans les deux contrées, M. Murchison en conclut que, si le climat était alors plus froid qu'il ne l'est aujourd'hui, du moins la température était presque la même sur une partie très considérable de l'hémisphère nord.

De grandes oscillations du sol ont eu lieu sans déranger sensiblement les couches. Ainsi, à l'embouchure de la Vaga, ces lits de sables coquilliers recouvrent, avec une concordance parfaite, les couches permiennes sensiblement horizontales aussi; cependant ces dernières, comme les roches cristallines de la Scandinavie, ont dû être au-dessus des eaux pendant un laps de temps énorme, puis recouvertes par ces sédiments si récents, élevés eux-mêmes plus tard à 50 mètres au-dessus du niveau de la mer Glaciale.

Dépôts coquilliers du bassin de la Petschora.

Plus au N.-E. encore, au-delà des monts Timans, cette branche occidentale de l'Oural du nord, dans la vallée de la Petschora, les explorations de M. le comte de Keyserling (1), en 1843, ont apporté un nouveau chaînon à cette série déjà si considérable de faits du même ordre. Des coquilles arctiques (*Mya truncata*, *Saxicava rugosa*, *Tellina calcarea*, *Astarte borealis*, *Balanus sulcatus*) se trouvent dans les argiles qui forment les berges de la rivière et s'étendent jusqu'à trois degrés au sud de son embouchure, c'est-à-dire du 68°,45′ au 65°,50′ lat. N. Elles n'y sont point cependant disposées en lits réguliers, comme sur les bords de la Dvina et de la Vaga, et

(1) *The geology of Russia in Europa*, etc., vol. I, p. 332. 1845. — Comte de Keyserling et P. de Krusenstern, *Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petschora Land*, in-4, p. 381. Saint-Pétersbourg, 1846. Nous devons une analyse de l'ouvrage de M. de Keyserling à l'extrême obligeance de M. de Verneuil, l'un des collaborateurs de la *Géologie de la Russie d'Europe*.

ne se rencontrent que dans les dépressions de la grande vallée de la Petschora. On ne les voit point sur les plateaux, ni même dans les vallées des affluents secondaires, aussi l'auteur pense-t-il que ces couches coquillières ont été formées dans un estuaire de l'océan Glacial qui s'avançait à l'intérieur du continent, dont les contours étaient déjà, sur une grande étendue, tels que nous les voyons aujourd'hui.

Les coquilles atteignent 26 mètres au-dessus de la rivière et ne sont jamais associées au diluvium sableux et argileux avec petits cailloux qui occupe les plateaux et où l'on rencontre des ossements de Mammouth. Peut-être ces grands pachydermes sont-ils contemporains de ces couches coquillières qui sont parallèles à la steppe desséchée d'Astrakan, où les débris des mêmes mammifères furent entraînés des terres émergées environnantes.

§ 2. Formation erratique du nord de l'Europe.

Nous serons souvent obligé dans cette section de passer d'un pays à un autre et d'un sujet à un autre, pour y revenir ensuite, les observateurs, traitant les divers sujets compris sous ce titre, tantôt d'une manière générale, tantôt à un point de vue particulier: nous ne pourrons donc mettre dans l'énumération de ces documents tout l'ordre que nous aurions voulu; mais, comme nous l'avons dit en commençant, l'état actuel de la science ne le permet encore que rarement, et nous devons nous borner à mentionner ici les faits d'après leur date de publication.

M. Kloden, dans son ouvrage *sur les fossiles de la Marche de Brandebourg, et particulièrement sur ceux qui se trouvent dans les pierres roulées et les blocs de la plaine, au sud de la Baltique* (1), a décrit la formation erratique qui occupe les plateaux, comme étant composée de blocs et de cailloux roulés, de roches

---

(1) En allemand, in-4 avec 10 planches. Berlin, 1834.

Voyez aussi : K. G. Zimmermann, *Sur les cailloux de la plaine du nord de l'Allemagne et surtout sur les fossiles du sol diluvien autour de Hambourg, suivi d'un essai sur l'origine des cailloux roulés* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 643—661). — Necker, *Études géologiques dans les Alpes*, vol. I, Paris, 1841. — Haussmann, *Mém. des savants de Gœttingen*, n[os] 151, 152; et *Bibl. univ. de Genève*, vol. XXXIX, p. 277. — G. Bischof, *Neu. Jahrb.*, 1843, p. 482

de transition, du muschelkalk, de calcaires et de grès jurassiques, de limonite, de craie, de silex, de grès et d'argile tertiaires, puis de sable et de gravier avec des galets remplis de fossiles et des ossements de quadrupèdes, d'une couche de *lehm* et d'argile, et enfin d'une marne recouvrant immédiatement les dépôts tertiaires. Des 668 espèces fossiles mentionnées par l'auteur, 61 appartiennent aux roches en place de la Marche, particulièrement au muschelkalk. Les 607 espèces restantes proviennent de débris transportés. De ces dernières, il n'y en a pas un cinquième qui se trouve dans les couches en place de la Suède, et d'une autre part, il n'y a pas la moitié des espèces connues en Suède qui se montrent dans la Marche. Les blocs erratiques de roches ignées proviennent sans doute des provinces suédoises.

Les recherches de l'auteur lui ont fait admettre les conclusions suivantes : 1° les fragments roulés du nord de l'Allemagne sont identiques en grande partie avec les roches, soit cristallines soit sédimentaires, de la Suède et de la Norwège, et il en est de même d'un certain nombre de fossiles de ces roches qui n'ont encore été trouvés que dans la Scandinavie; mais aussi, comme on vient de le dire, beaucoup de roches du nord de l'Europe avec leurs fossiles les plus caractéristiques, très abondantes en Suède et en Norwège, ne se rencontrent point parmi les blocs de la Marche, ou bien y sont remplacées par d'autres; 2° certains blocs de roches fossilifères se rapportent par leurs caractères minéralogiques aux roches du nord, mais les fossiles, qui y sont très répandus, n'ont point encore été trouvés dans la Scandinavie; 3° il y a des blocs dont les roches analogues paraissent manquer complétement dans le nord, et les fossiles qu'ils renferment sont également étrangers à la presqu'île scandinave; 4° les premiers de ces blocs peuvent seuls être regardés comme provenant du nord; pour les seconds, cette origine est peu douteuse; mais quant aux troisièmes, il n'y a aucune raison de penser qu'ils viennent de la Scandinavie.

Ces conclusions de M. Kloden sont donc à peu près négatives à quelques égards, mais il ne faut pas oublier que les dépôts erratiques de ce pays ne peuvent être expliqués par un seul événement simple, et qu'ils paraissent résulter, au contraire, de forces et de causes multiples et successives, ou bien simultanées, qui auront coopéré chacune aux résultats que nous avons sous les yeux.

M. A. Quenstedt (1), dans sa note sur les cailloux roulés des environs de Berlin, y signale de nombreux fossiles provenant du terrain de transition et des formations jurassique et crétacée; mais il n'en a pas rencontré du zechstein, du *bergkalk*, ni du muschelkalk de Rudensdorf, localité qui se trouve cependant peu éloignée de la capitale de la Prusse.

M. de Baer (2) a communiqué d'abord quelques observations sur un bloc de granite de l'île d'Hochland, dans le golfe de Finlande, et sur les sillons, les stries et les surfaces polies des côtes de cette province, puis il a conclu, d'autres recherches sur le même sujet, que les îles de ce même golfe, qui sont composées de roches cristallines, offrent des stries, des sillons et des surfaces polies, comme on les observe sur les roches du continent voisin. Le transport des petits blocs par les glaces est assez fréquent; mais l'auteur pense qu'il est difficile d'attribuer à cette cause le déplacement des plus gros.

M. Sefstrœm (3), l'un des premiers observateurs qui se sont occupés des traces laissées par un phénomène général à la surface des roches de la Scandinavie, a fait connaître que la partie nord-est des montagnes de la Suède est partout arrondie et usée, de la base au sommet, et ressemble de loin à des *sacs de laine* accumulés les uns sur les autres. La partie sud-ouest, au contraire, présente des surfaces presque fraîches et des angles peu ou point émoussés. Entre ces deux pentes opposées, la surface

---

(1) *Neu. Jahrb.*, 1838, p. 136—157.

(2) *Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, vol. II, p. 124. 1837. — *Ib.*, 31 août 1838. — *L'Institut*, 17 juin 1839. — *Edinb. new philos. Magaz.*, vol. XXIV, p. 439. 1838. — *Suppl. au rapport sur les travaux de l'Acad. de Saint-Pétersbourg en* 1842. — *L'Institut*, 24 août 1843. — *Neu. Jahrb.*, 1841, p. 599.

(3) *Compt. rend.*, vol. V, p. 341. 1837. — *L'Institut*, 22 févr. 1837. —*Ann. der Chem. und Phys.* de Poggendorff, vol. XXXVIII, p. 604. — *Ib.*, vol. XLIII, p. 533. 1838. — *Recherches sur les blocs erratiques des montagnes de la Scandinavie, leur transport dans des directions constantes, ainsi que sur leur origine probable. Mém. de l'Académie de Stockholm* (*Kongl. vet. Acad. Handling* pour 1836, in-8 avec cartes).

Voyez aussi : T. Scheerer, *Beitrage zur Kenntniss*, etc. Matériaux pour servir à l'histoire du phénomène des stries décrit par Sefstrœm (*Ann. der Chem. und Phys.* de Poggendorff, 3e sér., vol. VI, p. 269. 1845). — Berzélius, *Sur les roches polies de la Suède* (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, no 12, p. 76. 1847).

des montagnes est usée et marquée de rayures rectilignes et parallèles, de largeur et de profondeur variables. Les roches baignées par la mer offrent aussi ce caractère. La direction générale des stries N.-N.-E, S.-S.-O., devient souvent E., O. sur les flancs des montagnes, tandis qu'au sommet elle demeure constante.

L'auteur attribue ces traces à un courant qui charriait les nombreux débris de roches et les cailloux dont la Suède et l'Allemagne sont couvertes. En Allemagne, les cailloux d'origine scandinave diminuent à mesure que l'on s'avance vers le S., et lorsqu'une montagne s'est opposée à leur trajet, on remarque que sa partie nord est arrondie, tandis que sa partie sud a conservé toutes ses aspérités. Une traînée de débris roulés, provenant des roches de la montagne même, s'étend alors fort loin au S. et au S.-O., mais les rainures sont rares. Autour des îles de la Baltique, la mer est très profonde au N.-N.-E., et du côté opposé le fond est formé par un amas de cailloux roulés, qui se prolonge assez loin dans cette direction.

D'après Bœhtlingk (1), les stries, à partir des points les plus élevés de la face nord d'un rocher arrondi, divergent en s'abaissant sur les côtés, puis se relèvent pour converger vers le haut sur sa face méridionale. Elles semblent donc avoir été produites par des corps que les rochers détournaient de leur direction, et qui se sont réunis de nouveau, après les avoir dépassés. Ces circonstances, qui s'observent sur tous les écueils aplatis de la Finlande et des monts scandinaves, indiquent donc que les corps auxquels elles sont dues changeaient facilement de direction, dès qu'un obstacle se présentait. Derrière ces écueils se trouvent souvent des excavations cylindriques que nous avons déjà décrites (*antè*, vol. I, p. 314), sous le nom de *pots* ou *marmites de géants* (*Riesentopfe*, *pot-holes*), et qui sont en partie remplis de pierres arrondies. On voit un trou de ce genre près d'Helsingfors, sur la côte méridionale de la Finlande, et un autre dans le golfe de Kolaer. Sur les bords de la mer Glaciale, près de Tschanaja-Pachta, une trentaine de ces trous sont situés du côté opposé au

(1) *Acad. de Saint-Pétersbourg*, 18 déc. 1840. — *Bull. de id.*, vol. V, p. 273, et VI, p. 187. — *Id.*, vol. VII, p. 107, 191. — *Id.*, vol. VIII, p. 162. 1840. — *Ann. der Chem. und Phys.* de Poggendorff, 1841. — *Compt. rend.*, vol. XII, p. 1224. 1841. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 240. 1842. — *L'Écho*, 22 mai 1842. — *Edinb. new phil Journ.*, vol. XXXI, p. 253.

choc (*Lee-seite*). Le poli des roches ne s'observe que du côté du choc (*Stoss-seite*), et jusqu'à 400 mètres au-dessus des plaines. Ce côté correspond à la direction des stries. L'auteur ajoute que la surface des rochers, dans les endroits où elle a été recouverte de sable et d'argile, est usée et rayée jusqu'à une élévation de plus de 1000 mètres, comme au niveau et même au-dessous de la mer.

De Saint-Pétersbourg à Helsingfors, toutes les éminences rocheuses sont plus ou moins polies et montrent des stries et des sillons distincts, comme M. Sefstrœm l'a remarqué dans le sud et le centre de la Suède. Cependant Bœhtlingk n'admet pas que le courant dirigé N.-S., sur toute cette partie de la terre, puisse en être la cause; car, bien que leur direction soit N.-O., et que les surfaces polies des monticules soient aussi tournées de ce côté, le phénomène opposé se voit sur les côtes de la mer Blanche et de la mer Glaciale, où les stries, comme les surfaces polies, sont dirigées du S.-O. au N.-E.

La disposition des stries qui semblent rayonner d'un centre, celle des surfaces polies et la dispersion des blocs, sont des effets que l'auteur attribue au dernier soulèvement des roches primaires de la Scandinavie. Il les regarde comme incompatibles avec l'hypothèse d'anciens glaciers, et rejette l'opinion émise par M. E. Robert, que les sillons sont dans la direction des feuillets des roches, en faisant voir qu'ils existent aussi bien sur les roches massives que sur les roches schisteuses, et qu'ils passent sans interruption des unes sur les autres.

Le soulèvement en masse de toute la presqu'île scandinave aurait commencé sous une grande profondeur d'eau; car dans cette péninsule, comme dans la Finlande, la Laponie et les contrées environnantes, on trouve jusqu'à 240 mètres les traces les plus certaines d'un retrait continuel de la mer produit par l'exhaussement du sol. Les montagnes de la Scandinavie formaient une grande île pendant la première moitié de la période diluvienne, de même que la partie la plus élevée de la Laponie russe. Les glaçons de la chaîne scandinave et de la Laponie pouvaient arriver sans éprouver aucun choc jusque dans les plaines, alors immergées aussi, du nord de l'Allemagne et de la Russie centrale, laissant des blocs erratiques pour preuve de leur voyage, comme le font encore chaque printemps les glaçons des plus grands lacs de la Finlande (1).

(1) Quoique Swedenborg ait fait quelques observations dès 1719,

En résumant les idées et les observations de MM. Sefstrœm et Bœhtlingk, M. Murchison (1) a démontré combien était peu fondée l'opinion qui faisait venir du nord le dépôt de transport de l'Autriche et des Alpes bavaroises, et il a insisté sur ce rapprochement que, considérées dans leur ensemble, les montagnes scandinaves ont produit exactement le même résultat, quant aux accumulations détritiques, que les Alpes elles-mêmes, ayant épars leurs fragments dans toutes les directions comme d'un centre commun ; mais la chaîne du nord de l'Europe diffère de celle du centre, par l'espace beaucoup plus grand sur lequel les blocs et les graviers ont été transportés.

M. Nordenskiœld (2) a constaté aussi l'existence de stries sur presque toutes les montagnes de la Laponie russe et de la Finlande. Ces stries sont en général dirigées N.-N.-O., S.-S.-E. et N., S. Des sillons peu profonds ont de 1 à 2 mètres de large, sur les terrasses de sable, en forme de plateaux allongés du N. au S., qui séparent les divers bassins hydrographiques du pays. Ces sillons ont la même direction que ceux des montagnes. Des stries semblables à celles des parties élevées du continent ont été reconnues à 7 mètres au-dessous des eaux du golfe de Finlande. L'auteur croit que les *pots de géants* sont antérieurs à la formation de stries.

Suivant les remarques de M. E. Robert (3), les blocs erratiques sont très nombreux sur la rive gauche de la Néva et sur le bord méridional du lac Ladoga, tandis qu'ils sont fort rares au nord. Ces blocs sont à peine roulés, ce qui fait supposer à ce géologue qu'ils ont été transportés par les glaces, lorsque la mer occupait en-

---

et que du temps de Tilas et de Bergman (1775 à 1778) les mineurs suédois aient remarqué que les côtés des montagnes étaient couverts de sillons, ce fut de Lasteyrie (*a*) qui donna les premières idées nettes des surfaces polies de la Finlande et de la Laponie, et qui fit la distinction du *côté préservé* et du *côté choqué*. Bernhardi (*b*) a revendiqué aussi l'explication du transport des blocs erratiques par les glaces polaires et par les glaciers, comme l'ayant émise en 1832, mais c'était à tort, car M. Peter Dobson l'avait proposée six ans auparavant (*Amer. Journ.*, 1826).

(1) *Address delivered*, etc. *at the geol. Soc. of London*, 18 fév. 1842.

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 410.

(3) *Bull.*, vol. XI, p. 310. 1840. — *Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, vol. V, p. 209. 1839.

(*a*) *Voyage en Suède et en Norwège* en 1799 et 1800.
(*b*) *Neu. Jahrb.*, 1832, p. 257. — *Id.*, 1841, p. 456.

core une grande partie de la Russie et laissait flotter des champs de glace, comme cela a lieu aujourd'hui autour de la Nouvelle-Zemble. Les blocs couronnent le plus ordinairement des collines de sable mélangé par places de cailloux roulés. Quelquefois il y en a dans l'intérieur même de la masse sablonneuse qui constitue des buttes très rapprochées, surtout entre les lacs Ladoga et Onéga. Celles-ci sont alignées dans le même sens que les collines du calcaire de Bourkowa, les seules montagnes que l'on rencontre entre Saint-Pétersbourg et Archangel, ce qui permettrait de penser que leurs formes et leurs dispositions sont dues aux mêmes courants.

Les ossements d'éléphant que renferme le dépôt erratique sont d'autant plus nombreux qu'on se rapproche davantage de l'Oural. Les défenses et les *fémurs* sont placés debout ou obliquement, mais jamais horizontalement. On les trouve dans un dépôt argilo-sableux et près des rivières, telles que la Cara et la Vitchegda. Quelques unes de ces défenses ont jusqu'à $3^{m},60$ de longueur et sont contournées en forme d'S. La cause qui a détruit ces grands pachydermes de la Russie aurait agi, d'après M. E. Robert, du S. au N., parce que leurs débris sont d'autant plus complets et mieux conservés qu'on se rapproche davantage de l'embouchure des rivières; mais ce motif, s'il était seul, nous semblerait peu concluant. Entre Nijny-Novogorod et Moscou, les blocs erratiques deviennent très rares et sur tout le pays règne un dépôt sablonneux avec cailloux roulés.

L'auteur a reconnu, comme M. de Baer, le polissage des îlots qui bordent la côte méridionale de la Finlande et celui des rochers de la côte elle-même, jusqu'à une grande distance dans les terres. Il insiste de nouveau sur le parallélisme des sillons du gneiss avec les feuillets de cette roche qui courent N.-O, S.-E., direction qui est encore celle des chaînes de montagnes, des rivières et des nombreux lacs de la Finlande. Ces sillons qui, d'après M. E. Robert, ne se présenteraient que sur les gneiss et correspondraient à ses parties les moins dures, sont d'autant plus prononcés que la roche est plus exposée à l'action désagrégeante de l'air et de l'eau. Cette opinion a d'ailleurs été combattue par la plupart des géologues qui ont observé les mêmes lieux.

Plus tard, M. E. Robert (1) a résumé comme il suit sa manière de voir sur les divers points de la question : 1° les collines de sable ou œsars ont été formées sous les eaux de la mer par l'effet de cou-

---

(1) *Bull.*, vol. XIV, p. 196. 1843.

rants; phénomène qui est encore en action; 2° les blocs erratiques ont eu pour radeaux des glaces flottantes et sont tombés là où on les observe: ce qui a encore lieu chaque année; 3° la mer a poli, cannelé, creusé et rayé les rochers de manière à leur donner l'aspect de ceux que l'on voit aujourd'hui, un peu au-dessus de son niveau, sur toutes les côtes de la Scandinavie; 4° il n'est pas nécessaire d'avoir recours, pour l'explication de tous ces faits, à une immense catastrophe ou à un cataclysme général. La plupart des sillons et des *pots de géants* ont été produits par les vagues et par le mouvement des marées, ou bien correspondent à des filons plus facilement désagrégeables que la roche. L'abondance des blocs erratiques et leur origine première seraient dues à la dilatation de l'eau glacée dans les fissures des roches. Les blocs, une fois détachés par ce moyen, suivaient la déclivité des pentes jusque sur le bord de la mer où ils étaient saisis par les glaces, puis emportés au loin (1).

Environs du lac Ladoga. Près de l'embouchure de la Vloga, dans le lac Ladoga, les blocs erratiques sont alignés du N. au S., et M. Sobolevski (2) pense que les eaux du lac étaient plus élevées autrefois qu'elles ne le sont aujourd'hui. La forme de ses bords et l'aspect général de son fond prouveraient aussi le passage d'un torrent venant du nord, et dont la direction est indiquée par les blocs. Suivant une croyance locale, les eaux s'élèvent pendant sept ans et s'abaissent durant le même nombre d'années. Des preuves de l'abaissement des eaux existent près de Petrozavodsk. Le bord occidental, jusqu'à Kecksholm, est uniquement composé d'alluvions qui s'étendent jusqu'aux granites sans laisser affleurer d'autres roches.

Les blocs erratiques sont tous plus ou moins arrondis et deviennent plus volumineux en s'avançant de Pétersbourg vers le nord. Comme en Esthonie, ils sont plus nombreux sur les collines que dans la plaine, et aux environs de Vouençalo, surtout, ces éminences du sol sont tellement chargées de blocs qu'on les prendrait pour des amas de pierres faits de main d'homme, tandis qu'on en voit à peine quelques uns alentour.

Au-delà de Kecksholm, les blocs sont plus anguleux et proviennent de roches peu éloignées. A 53 kilomètres au nord de Rouskiala, la colline de Pitkesserine, qui porte des traces incontestables

(1) *Compt. rend.*, vol. XXI, p. 1333. 1845.
(2) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. VI, p. 20. 1839.

de l'action des eaux, est formée de schiste micacé avec staurotide et almandine. Toute la route, depuis Rouskiala, est couverte de blocs de cette roche, d'autant plus anguleux qu'on se rapproche davantage de son gisement, tandis qu'on n'en voit aucun sur le versant nord de la colline. Ainsi il est hors de doute que l'action destructive a agi du N. au S., qu'elle s'est prolongée jusqu'au-delà du lac Ladoga et même plus loin où des blocs de roche identique ont encore été reconnus.

De Korbselka à Chouistamo les blocs erratiques sont très abondants, anguleux et proviennent des montagnes environnantes. Ainsi, près des montagnes composées de grunstein, on ne trouve guère que des fragments de cette même roche. En s'éloignant du lac Ladoga pour se diriger vers le N.-O., les rochers et les blocs disparaissent peu à peu et ils sont remplacés par des alluvions arénacées. Celles-ci constituent des bassins en forme d'entonnoir dont le fond est occupé par un lac, ou par des marais tourbeux. Enfin, autour de Vilmanstrand, les blocs erratiques atteignent de nouveau des dimensions très considérables.

M. Helmersen (1) attribue à diverses causes les dépôts de transport qui recouvrent le terrain de transition du nord de la Russie. Les uns, dit-il, se sont formés sur place aux dépens des grès, des marnes et des argiles devoniennes, dans une mer peu profonde; telles sont les accumulations énormes de sable et d'argile du plateau du Valdaï et de son versant nord. On n'y trouve point de blocs erratiques, et leur origine doit être fort ancienne; les autres dépôts apportés du nord sont beaucoup moins développés, et les blocs erratiques, ainsi que les détritus granitiques, en font partie. Dans sa *Lettre sur un essai de carte géologique de la Russie d'Europe* (2), M. de Meyendorf a fixé plusieurs des points extrêmes où les blocs venus du nord se sont étendus dans le centre de l'empire, mais la limite approximative qu'il avait seulement indiquée a été tracée depuis avec beaucoup de précision.

En partant de Saint-Pétersbourg pour explorer le bassin de la Petschora, M. de Keyserling (3) a trouvé, entre Novo-Ladoga et Bassin de la Petschora.

(1) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol., VIII, p. 31, 1841, publié en 1844.

(2) *Annu. des mines*, vol. XX, p. 233. 1841. — *Bull. de la Soc. de géographie*, vol. XV, p. 379. 1841.

(3) *Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Pets-*

Ustsissolk, un dépôt diluvien composé particulièrement de blocs très abondants sur les bords de la Redan. A Ustjushna, les rives de la Mologa sont encombrées de blocs, et des ossements de Mammouth ont été retirés du lit de la rivière. Les blocs, assez rares dans le pays plat de Vologda à Totma, reparaissent en grande quantité sur les hauteurs de Sagorkina. Ce sont des granites et des schistes cristallins (p. 342). De ce point à Ustsissolk, tantôt les blocs de gneiss et de micaschiste avec grenats couronnent les hauteurs, comme près de Lalsk, tantôt le diluvium argileux, avec des blocs semblables et des marnes rouges, se développe, comme en remontant la Lusa et la Vitchegda. A Wapolka le diluvium est composé de débris provenant des roches permiennes et carbonifères du voisinage.

Du bassin de la Vitchegda, si l'on descend à l'E. dans celui de la Petschora, on voit près de Soiwa la formation erratique composée, à sa partie supérieure, de 10 mètres de sable jaune, et au-dessous de sable gris, argileux, rempli de petits cailloux et de blocs arrondis de grès et de schistes siliceux verts et rouges. Plus loin, une sorte de terrasse de sable argileux de 32 mètres d'épaisseur enveloppe une grande quantité de blocs arrondis de schistes siliceux, de hornstein, de porphyre et de diorite avec des blocs anguleux de calcaire de montagne. Des blocs roulés des roches cristallines précédentes s'élèvent jusqu'à 166 mètres au-dessus de la rivière Soiwa (p. 359). En général, la composition des détritus erratiques du grand bassin de la Petschora est assez uniforme et peut se résumer comme il suit :

1° A la base, argile noire, tenace, souvent friable avec des *Belemnites absolutus* roulés. Cette couche, qui provient des argiles jurassiques sous-jacentes, remaniées, renferme de gros fragments roulés de gneiss, de granite, de syénite, de porphyre et de roches de transition de l'Oural. Elle atteint une épaisseur de 30 mètres, mais on ne la voit ordinairement que sur 10 ou 15, les pentes supérieures étant recouvertes par les dépôts meubles; 2° argile sableuse rouge, surmontée de bancs de sable réguliers avec des lits de gravier subordonnés, le tout sur une épaisseur de 12 à 13 mètres; 3° quelquefois des argiles feuilletées brunes, terreuses, de 3 à

---

chora-Land, p. 339, in-4 avec cartes et planches de fossiles. Saint-Pétersbourg, 1846.

4 mètres d'épaisseur recouvrent les assises précédentes à 20 mètres au-dessus du niveau de la rivière. Ces diverses assises constituent dans l'intérieur du pays des collines qui ont jusqu'à 65 mètres d'élévation.

Dans la partie inférieure du cours du fleuve, au-dessous d'Ust-Zylma, les rives sont basses, sablonneuses, souvent tourbeuses, et les blocs erratiques assez rares. Lorsqu'elles se relèvent, on voit affleurer des argiles jurassiques qui constituent aussi le plateau marécageux appelé Timans tundra, recouvert également de dépôts meubles. Ces derniers se prolongent jusqu'au cap Barmin, sur les bords de la mer Glaciale, où les blocs erratiques de granite couronnent encore des collines de sable.

Caractères généraux de la formation erratique du Nord.

M. J. Durocher, qui avait fait partie de l'expédition scientifique au pôle Nord, a présenté à l'Académie des sciences un *Mémoire sur les phénomènes diluviens dans le nord de l'Europe*, et nous emprunterons ce qui suit au rapport qui a été fait sur ce travail par M. Élie de Beaumont. Ce rapport présente le résumé de l'état de la question à cette époque, et doit fixer particulièrement notre attention par les vues d'ensemble que le savant académicien y a introduites. Il en résultera, il est vrai, quelques répétitions avec ce que nous avons déjà dit; mais dans un sujet aussi compliqué et si obscur encore, il y a moins d'inconvénient à se répéter qu'à rester incomplet.

On remarque dans ce vaste ensemble de phénomènes, dit le rapporteur (1), plusieurs circonstances plus ou moins distinctes; ce sont l'érosion, l'usure et le polissage des roches, la production de grands déblais et leur dispersion sur une immense surface. Dans le nord de l'Europe, les sillons et les stries s'observent sur toutes les roches qui ont été assez dures pour les recevoir et assez consistantes pour les conserver; tels sont les schistes argileux et les roches amphiboliques des montagnes du golfe d'Alten en Laponie. Les calcaires du même pays n'ont pas présenté de sillons. Les granites de la Finlande offrent des stries d'autant mieux conservées que la roche était plus dure et à grain plus fin. Les stries et les sillons sont généralement parallèles, ou se croisent sous des angles très faibles, et sont tout à fait indépendants de la stratification des roches.

---

(1) *Rapport sur un Mémoire de M. Durocher*, etc. *Compt. rend.*, vol. XIV. p. 78. 17 janv. 1842. — *Bull. de la Soc. de géographie*, vol. XVII, p. 60. — *Ann. des sc. geol.*, vol. I, p. 144. 1842.

Ces traces s'observent le mieux sur les surfaces planes, au sommet des montagnes et des collines. Sur leurs flancs, les directions sont moins régulières, à cause des modifications que la pente leur a fait subir. M. Durocher a remarqué des plans fort inclinés dont la surface semblait être cannelée par des sillons horizontaux de 0m,48 à 0m64 de largeur. Lorsque toute la surface d'un monticule est couverte de sillons ou de stries, comme dans la Finlande et la Laponie, ce sont les sillons du milieu ou du sommet qui représentent la vraie direction, laquelle est ici N.-N.-O., S.-S.-E. magnét. Les monticules granitiques de la Finlande sont souvent allongés dans la direction des cannelures principales. Dans ceux qui sont élevés de plus de 32 mètres, la pente S.-S.-E. n'a point de cannelures et conserve ses formes anguleuses, et nous avons vu qu'il en était de même en Suède.

Au sommet de la montagne de Raipas, à 800 mètres d'altitude, un plateau ondulé est profondément sillonné et poli dans la direction N.-N.-O., S.-S.-E. magnét. En Finlande, suivant Bœhtlingk, les couches et les feuillets des roches sont dirigés E.-N.-E., O.-S.-O., tandis que les stries et les sillons courent du N.-N.-O. au S.-S.-E., et dans le golfe de Bothnie M. Sefstrœm a trouvé les stries orientées N.-O., S.-E. Ainsi, dit le rapporteur, dans la Laponie, le nord de la Suède, l'ouest et le sud de la Finlande, la direction moyenne des sillons et des stries tend à se rapprocher d'une direction presque uniforme, qui est à peu près aussi celle des principales vallées et des principaux lacs. Dans le midi de la Suède, ces traces éprouvent plus de variations et, suivant M. Sefstrœm, la direction normale N.-N.-E., S.-S.-O. se trouve être celle des lacs Wenern et Wetern, des îles Gothland et Œland et des bancs de sable qui en forment le prolongement.

Dans la Finlande, le grand dépôt de sable, de gravier et de cailloux roulés est quelquefois disposé en collines allongées parallèlement à la direction des stries et des sillons qui couvrent la surface arrondie des rochers proéminents de gneiss et de granite; plus ordinairement il constitue une masse uniforme qui a nivelé une partie des inégalités du sol. Il s'étend sur le plateau septentrional de la Laponie, quoique se maintenant presque toujours à une altitude de 750 mètres. Les blocs qu'on y trouve proviennent des roches environnantes ou même sous-jacentes. Le dépôt erratique de la Finlande se rattache sans interruption à la vaste formation de transport qui occupe les plaines de la Russie. L'horizontalité de ces der-

nières est due à celle des roches stratifiées anciennement au sable avec graviers et galets qui les recouvre. Ce dernier est disposé par couches, et rien n'annonce que ses éléments aient été transportés par un courant très violent. On le retrouve dans presque toute la Pologne et le sud de la Podolie, le gouvernement de Lublin et sur les pentes nord et sud des montagnes du gouvernement de Sandomir ; il passe au dépôt diluvien de la Silésie et des plaines du nord de l'Allemagne, et nous l'avons déjà mentionné sur toute la surface du Danemark, où plus de 70 espèces de coquilles, dont les analogues vivent encore dans les mers voisines, ont été signalées par M. Beck. En Suède, un dépôt semblable, bien distinct des œsars, constitue le sol des plaines méridionales comme de celles du nord, etc.

C'est à la surface de cette couche argilo-sableuse et caillouteuse si étendue que se voient les blocs erratiques, lesquels sont aussi trouvés dans son intérieur. En général, les blocs forment des amas sur les points les plus élevés de la contrée (1). Ils sont disposés suivant des lignes dont la direction est presque N., S., et placés sur les collines qui interrompent les plaines ; quelquefois ils forment des bandes horizontales sur les pentes de monticules en demi-cercle dont le côté convexe est tourné au nord. Ils sont plus nombreux dans les bancs de sable que dans ceux d'argile, et le plus ordinairement leur grand axe est horizontal; parfois cependant il est plus ou moins incliné. Ceux d'une grande dimension ne sont jamais arron-

(1) M. de Verneuil (a) a fait remarquer qu'à mesure que l'on s'avance de la zone extérieure du dépôt erratique vers le nord, les blocs des diverses roches sont de moins en moins mélangés, et qu'il y a certaines contrées qui semblent avoir été des centres de production pour ces blocs. Ils y sont plus nombreux et plus volumineux que partout ailleurs, et l'on n'y observe qu'une seule espèce de roche qui est précisément celle du sous-sol. Ce brisement sur place et le transport purement local paraissent être fréquents en Suède, et sont surtout remarquables lorsqu'on traverse des pays dont la constitution géologique est bien tranchée, comme dans les régions de granite et de gneiss de Fahlun, et sur les bords du lac Venjan qui est entouré d'un côté par des porphyres et de l'autre par des grès rouges. Dans cette partie de la Suède les divers terrains sont couverts par des amas de ruines et de débris formés sur place à leurs propres dépens, et, quelle que soit la cause de ce phénomène, on doit reconnaître qu'elle a dû être à la fois énergique et purement locale.

(a) *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 90. 1845.

dis, malgré la distance où ils se trouvent de leur origine. Dans la Laponie et la Finlande les blocs sont très voisins de leur point de départ, mais il n'en est pas de même de ceux des grandes plaines de la Russie, de la Pologne et du nord de l'Allemagne. Depuis Saint-Pétersbourg et Moscou jusqu'au Niémen, M. Durocher signale des blocs de 14 variétés de roches dont il indique le gisement originaire en Finlande. Tels sont les blocs de granite glanduleux (*rapakivi*), qui ne peuvent venir que du gouvernement de Viborg et que l'on trouve le long de la route de Saint-Pétersbourg à Moscou. A Twer ils sont déjà moins nombreux, et l'on n'en voit plus au-delà de l'ancienne capitale de la Russie. Ils ont été ainsi transportés à 140 et 150 lieues de leur origine. Ceux que l'auteur a trouvés en Pologne auraient parcouru 250 lieues. Des blocs de grès des environs de Memel sont venus des bords du lac Onéga situé à une distance de 245 lieues.

En Pologne, outre le granite glanduleux de Viborg, il y a des blocs de syénite et de trapp, les uns venant de Finlande et de Suède, les autres de Suède seulement, puis des gneiss, des porphyres, du quartz grenu et, plus rarement, des conglomérats, des micaschistes et des basaltes. A l'exception des micaschistes et des gneiss qui peuvent provenir de la Finlande, les autres blocs appartiennent à la Suède. En se prolongeant à travers la Silésie et jusqu'en Saxe, les roches de la Finlande diminuent peu à peu, et celles de la Suède deviennent plus abondantes. En Danemark, les blocs paraissent être venus des côtes voisines de la Suède et de la Norwège; et, en général, dit M. Durocher, ceux de granite sont partout les plus gros et les plus nombreux, tandis que ceux de gneiss sont peu fréquents, quoique en Suède cette dernière roche soit dominante; mais sa facile destruction ne permettait sans doute pas qu'elle produisît de gros blocs.

L'auteur a remarqué aussi que la région recouverte par des blocs partis d'un rocher donné forme le tiers et quelquefois la moitié d'une circonférence; telle est celle qu'occupe le granite glanduleux dont nous avons déjà parlé et que l'on rencontre depuis Kostroma jusqu'en Poméranie. Outre cette disposition rayonnante, les blocs en présentent encore une autre par zones concentriques. Le granite, qui a été transporté plus loin que les autres roches, se montre presque seul dans la zone extérieure, tandis que les blocs calcaires sont ceux qui se sont le moins étendus. La limite de dispersion des blocs erratiques, qui est par conséquent celle des granites, ne semble point dé-

passer vers l'ouest Kostroma, sur le Volga (1). M. Durocher restreint la zone un peu plus que ne l'avait fait M. de Meyendorf. En Pologne, elle a été tracée par M. Pusch, ainsi qu'en Silésie. La limite franchit la Vistule au-dessus de Varsovie, l'Oder au-dessus de Breslau, longe ensuite la frontière qui sépare la Saxe de la Prusse, passe par Leipsick, entoure le pied des montagnes du Harz et atteint les côtes de la mer du Nord en traversant les Pays-Bas; enfin elle embrasse aussi les côtes orientales de l'Angleterre. La limite des blocs erratiques forme ainsi presque une demi-circonférence, dont Stockholm est le centre et qui a pour rayon la distance de cette ville à Moscou ou environ 280 lieues.

Le nombre des blocs ne diminue point partout régulièrement, en raison de la distance du point de départ; lorsque des obstacles, tels que les montagnes du Harz, de la Saxe et de la Silésie, se sont opposés à leur extension, ils se sont accumulés à leurs pieds, et la ligne de limite présente alors des dentelures plus ou moins prononcées à l'intérieur de la courbe. La formation erratique renferme aussi, parmi les blocs étrangers, beaucoup de matériaux arrachés au pays même dans lequel on les observe, et ces matériaux, composés de roches secondaires ou tertiaires, constituent en outre à eux seuls un dépôt particulier, qui s'étend au sud de la limite des blocs venus du nord. Cette disposition par zones concentriques, jointe à la distribution, suivant une série de lignes rayonnantes et entrecroisées, de blocs partis de divers points situés au nord, et la forme sub-circulaire de la limite extérieure des blocs de granite nous paraissent propres, dit M. Élie de Beaumont, à établir l'unité d'origine de ce grand dépôt erratique. Mais M. Durocher, tout en reconnaissant la liaison de ces divers phénomènes, y distingue deux séries de faits, l'une comprenant les stries, les sillons et les œsars, l'autre le dépôt qui renferme et supporte les blocs erratiques. Les premiers phénomènes paraissent être antérieurs aux seconds, parce qu'on a observé les stries et les sillons sur des roches recouvertes par le dépôt diluvien erratique, et cela jusqu'à une assez grande profondeur. Les sables et les graviers souvent stratifiés excluent l'idée d'un transport violent, nécessaire pour produire les stries, et la seconde période aurait ainsi masqué en partie les effets de la première.

La stratification régulière des dépôts de la seconde période et la

(1) Le tracé de cette limite a été modifié depuis, comme on le verra plus loin.

présence de coquilles marines bien conservées prouvent qu'ils ont dû se former dans une mer peu agitée ; mais pour concilier avec cette circonstance la présence des blocs erratiques qu'on y trouve ensevelis, l'auteur a recours à l'hypothèse du transport par les glaces, hypothèse qui paraît d'abord en contradiction avec une température générale du globe plus haute qu'elle ne l'est aujourd'hui, mais qui peut cependant être admise, car les lignes isothermes, par suite d'une répartition différente des eaux et d'un relief du sol également différent, n'étaient probablement pas les mêmes qu'actuellement, et l'Europe centrale a pu avoir une température plus basse, quoique la température générale du globe fût en réalité plus élevée. En effet, nous avons vu que les glaces flottantes descendaient jusqu'au 40° lat. N. sur les côtes d'Amérique. Cette hypothèse rendrait compte, en outre, d'une manière assez satisfaisante, des circonstances que présente le dépôt erratique, surtout si l'on admet que la Baltique a été graduellement réduite aux proportions que nous lui voyons par un soulèvement lent du continent, tel que celui que l'on observe encore dans certaines parties de la presqu'île scandinave (*antè*, vol. I. p. 645).

La forme des œsars, leur disposition, leur parallélisme avec les sillons et les stries d'érosion conduisent naturellement à l'idée d'un courant qui aurait sillonné la partie méridionale de la Suède, du N.-N.-E. au S.-S.-O. M. Durocher a constaté, comme M. Sefstrœm, que les œsars étaient adossés au côté méridional des montagnes qui, dans cette direction, leur avaient fait obstacle. On a vu qu'en Finlande, quoique le phénomène des œsars y soit moins prononcé, leur direction était N. 25° O. à S. 25° E., direction qui, avec la précédente, représenterait les rayons de la demi-circonférence, dans laquelle se trouve compris le grand dépôt erratique de l'Europe centrale. On avait d'abord pensé que les courants venaient des plateaux les plus élevés du Nord, et Bœhtlingk avait assigné une direction N.-N.-O, S.-S.-E. au courant remontant du fond du golfe de Bothnie sur le plateau de la Finlande. MM. Murchison et de Verneuil avaient observé des stries dans la même direction sur les bords du lac Onéga, et de son côté Bœhtlingk admettait qu'en Laponie les stries avaient été tracées par une action qui s'était exercée en descendant les deux pentes opposées des parties élevées du pays. Mais M. Durocher, ayant remarqué que vers le 70° lat., au nord de la Laponie, où les montagnes inclinent vers l'O. et vers l'E., les stries ont encore la même direction générale qu'en Finlande, a dû re-

porter en dehors de la Scandinavie le point de départ des agents qui les ont produites. Il pense que le creusement des sillons et des stries s'est fait en remontant des profondeurs de la mer Glaciale jusqu'au plateau de la Laponie, élevé de 750 mètres au dessus de la mer. Ces sillons et ces stries, très marqués sur le versant nord et à la surface du plateau, le sont moins sur la pente qui regarde Torneo; ce qui conduit l'auteur à reculer jusqu'au Spitzberg et, peut-être plus loin encore, vers les régions les plus voisines du pôle, l'origine de cette action dont les effets se sont manifestés jusqué vers les parties centrales de l'Europe, avant la naissance du genre humain.

La cause de cet immense phénomène qui s'est peut-être étendu en même temps sur l'autre portion de l'hémisphère nord, puisqu'on observe des traces semblables au Canada, et dans la plus grande partie des États-Unis, se dirigeant aussi du N. au S., et dérivant par conséquent du pôle boréal; cette cause, disons-nous, serait, suivant M. Durocher, une grande masse d'eau partie des régions polaires, et probablement accompagnée de glaces, qui aurait inondé les contrées septentrionales, depuis le Groënland jusqu'à la chaîne de l'Oural, se précipitant du N. au S., démantelant sur son passage les montagnes et les rochers, polissant leurs surfaces, et y traçant des sillons et des stries, au moyen des détritus que le courant entraînait dans sa marche rapide.

En résumé, dit en terminant M. le rapporteur, on voit que, suivant M. Durocher, le phénomène erratique du Nord est le résultat de deux actions successives; la première, serait celle d'un grand courant parti des régions polaires; la seconde, celle d'une mer soumise à des hivers plus rigoureux que les nôtres, et dans laquelle le phénomène connu du déplacement des blocs de roches par les glaces aurait eu un grand développement. Cette double hypothèse a tout au moins l'avantage de résumer les faits observés.

Les recherches qui ont été publiées depuis le travail si remarquable dont nous avons essayé de donner une idée ont probablement modifié la manière de voir de M. Durocher, relativement à l'origine et au point de départ du grand courant auquel il attribue le transport de la formation erratique; d'ailleurs son hypothèse sera suffisamment discutée par ce qui nous reste à dire sur ce sujet; mais nous devons faire remarquer, dès à présent, que l'auteur nous semble avoir confondu, dans l'ordre des temps, deux phénomènes distincts, c'est-à-dire les stries, les sillons et les surfaces polies, qui sont les effets d'une cause antérieure, même aux dépôts argilo-

sableux coquilliers des côtes de la Norwège, du Danemark, etc., et les œsars de la Suède, lesquels sont plus récents que ces mêmes dépôts, et appartiennent au commencement de l'époque actuelle (*antè*, vol. I, p. 645). Que la direction de ces œsars soit souvent celle des stries et des sillons, cela n'implique ni leur contemporanéité, ni leur communauté d'origine, mais indique seulement que le relief des accidents du sol émergé ou non, étant à peu près le même aux deux époques, les causes des uns et des autres ont été influencées de la même manière, et se sont manifestées suivant des directions semblables, étant déterminées par des pentes qui se trouvaient aussi dans les mêmes rapports.

Application de la théorie des anciens glaciers au nord de l'Europe.

Pendant que les géologues parcouraient les plaines et les montagnes du nord de l'Europe, pour y recueillir les faits les plus propres à jeter quelque jour sur les caractères et l'origine des blocs erratiques et des dépôts meubles auxquels ils sont associés, une théorie, qui jusque là s'était renfermée dans l'enceinte des Alpes où elle avait pris naissance, ainsi que nous l'expliquerons plus loin, tendait à se propager au-dehors, et dut saisir l'occasion de s'appuyer sur des bases plus larges. M. de Charpentier, l'un des promoteurs de cette théorie qui consistait à attribuer à l'action d'anciens glaciers, beaucoup plus étendus que les glaciers actuels, la plus grande partie des accumulations de matériaux incohérents que l'on trouve au pied des montagnes et vers le fond des vallées, fut aussi un des premiers à l'appliquer au phénomène erratique du Nord.

Par suite de la dernière catastrophe qui avait accidenté l'hémisphère boréal, sur une vaste étendue, dit ce savant (1), le climat devint plus froid et plus humide qu'il ne l'était auparavant et qu'il ne l'est aujourd'hui. Pendant la longue durée de cet état climatérique, la température estivale était insuffisante pour opérer la fonte complète des neiges, à partir du 60e parallèle ou à peu près. Les neiges, qui s'étendaient depuis cette limite jusqu'au 70°, ont été transformées en glaciers, et au-delà elles sont restées à l'état de névé. Ce glacier, ayant pris un développement considérable, a envahi le nord de la Russie, jusqu'à la latitude de Moscou, puis la Prusse, la Pologne, le nord de l'Allemagne et s'est prolongé peut-être jusqu'aux côtes orientales de l'Angleterre. Il a transporté et

---

(1) *Sur l'application de l'hypothèse de M. Venetz aux phénomènes erratiques du Nord.* (*Bibl. univ. de Genève*, juin 1842, vol. XXXIX, p. 327. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 808. 1842.)

déposé les matériaux de la formation erratique, et a produit les marques de frottement, les stries et les sillons observés sur les rochers. Les cascades auxquelles il a donné lieu ont opéré l'érosion des *chaudières* ou *pots de géants.* Les accumulations de débris erratiques les plus méridionales, en forme de digues ou de bandes, seraient les moraines qu'il a déposées pendant son plus grand développement, et les œsars, des moraines aussi formées, les unes par les oscillations que le grand glacier éprouva lors de sa retraite, les autres par les glaces qui durent se conserver sur les montagnes et les plateaux élevés, longtemps encore après que les contrées basses en eurent été débarrassées.

Les matériaux qui constituent le diluvium, tant en dedans qu'en dehors des limites du dépôt erratique, ont été apportés par les rivières et par le courant sous-marin, et la plus grande partie aurait été déposée pendant la fonte ou la retraite du glacier. Enfin les débris anguleux et les blocs d'un gros volume, disposés à la surface du sol ou ensevelis dans le diluvium, mais se trouvant les uns et les autres en dehors des limites du dépôt erratique, ont été transportés par des glaces flottantes détachées du glacier. De ces blocs de glace, les uns ont été entraînés par les rivières, les autres, flottant sur la mer, ont été poussés vers le sud par la force des vents.

Ces idées, émises par M. de Charpentier, alors que les ouvrages dont nous venons de parler avaient été publiés, nous semblent prouver que ce géologue, si excellent observateur de la nature, et ordinairement si réservé dans ses déductions, non seulement n'avait point étudié les pays auxquels il appliquait si facilement l'hypothèse de Playfair, et non de M. Venetz comme on l'a cru, mais encore qu'il connaissait peu les travaux exécutés dans le nord de l'Europe, sans quoi un esprit aussi judicieux que le sien n'eût pas manqué d'être frappé de l'impossibilité de généraliser un principe qui se trouve à chaque pas contredit par les faits. Nous sommes loin de prétendre qu'il n'y ait pas eu, à une certaine époque, des glaciers plus étendus qu'aujourd'hui, mais ce que nous objectons, c'est que la série des phénomènes complexes qui se sont produits dans le nord ne peut s'expliquer comme M. de Charpentier a tenté de le faire. Il suffit pour le démontrer de rappeler que le phénomène qui a produit les stries et les sillons est antérieur à la formation des argiles et du sable coquillier de la Norwège et du Danemark, et que les œsars de la Suède, plus récents encore, avec leurs coquilles identiques à celles de la Baltique actuelle et les

restes d'industrie humaine, ne peuvent avoir aucun rapport avec les moraines des anciens glaciers, ni même avec les dépôts des plages soulevées.

M. Agassiz (1) n'est pas resté en arrière de M. de Charpentier dans l'application de l'hypothèse des anciens glaciers. Ainsi, il suppose qu'une calotte de glace continue, s'étendant jusque vers le 50° de latitude, produisit cette ceinture de blocs que l'on suit depuis le nord-est de l'Angleterre jusqu'au-delà de Nijny-Novogorod. A cette limite, que le célèbre naturaliste nomme *ligne isopagétique* (ligne d'égale glace), succédait une seconde zone située plus au nord, longeant la partie méridionale de la mer Blanche, les lacs Onéga et Ladoga, et marquant un retrait de la calotte de glace, en même temps qu'une seconde ligne isopagétique. Ce fut pendant cette seconde période que des glaciers partiels persistèrent dans les montagnes des îles Britanniques et ailleurs sous le même parallèle. Ainsi, dit M. Agassiz, il y aurait deux moments bien distincts à signaler dans la durée des glaces du nord de l'Europe, celui où une calotte générale recouvrait le pays et celui où il n'existait plus de glaciers que dans les hautes vallées. La fonte et le retrait des glaces auraient à diverses reprises produit les déluges dont la tradition s'est conservée chez toutes les nations anciennes.

Les êtres organisés de notre époque auraient ensuite été créés successivement, à mesure que le sol se découvrait par la fonte des glaces ; et l'auteur a reconnu, parmi les coquilles quaternaires, un plus grand nombre d'espèces polaires qu'on ne l'avait fait avant lui. De plus, en comparant celles des divers dépôts de l'Europe aux espèces qui vivent encore sous les mêmes latitudes, il a trouvé que dans tous ces amas coquilliers récents il y avait un certain nombre d'espèces, dont les analogues ne se rencontrent plus dans les mers voisines, mais dans celles qui sont situées à 12 ou 15 degrés plus au nord. Ainsi pendant que les coquilles actuelles des côtes d'Islande et du Groënland vivaient sur les côtes d'Angleterre, celles que l'on trouve aujourd'hui sur le littoral de l'Angleterre et de la Manche peuplaient les eaux de la Méditerranée. Nous verrons plus tard jusqu'à quel point ces déductions s'accordent avec les résultats d'une étude plus détaillée de la faune vivante de la Méditerranée, comparée à celles qui l'ont précédée.

(1) *Bibl. univ. de Genève*, sept. 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 850. 1842. — *Edinb. new phil. Journ.* 1842.



M. Bronn (1), tout en admettant beaucoup de faits et plusieurs des conséquences de la théorie des anciens glaciers, s'est cependant opposé à la trop grande extension que ses défenseurs ont prétendu lui donner, et surtout aux applications beaucoup trop générales qu'on en a voulu faire. La dispersion des débris erratiques, qui s'étendent de la Belgique à Breslau et jusqu'à Tula, et qui se dirigeant vers le nord atteignent déjà le 62° lat. N. au 52° long. E., s'explique aussi bien par un abaissement du sol au dessous du niveau de la mer et par le transport des glaces flottantes venant du pôle, que par des calottes de glaces qui se seraient prolongées jusqu'aux limites actuelles du phénomène erratique.

Dans les Alpes scandinaves, suivant M. Daubrée (2), les sillons et les stries n'ont plus la direction moyenne constante signalée dans une portion de la Suède, dans la Finlande et dans les parties adjacentes de la Laponie. Les traces de transport et de frottement divergent au contraire, à partir des régions culminantes, et se rapprochent des lignes de plus grande pente du massif. Ces observations ont été faites jusqu'à la hauteur de 1160 mètres. Ainsi, la cause à laquelle les parties élevées de la Norwège doivent leurs formes arrondies et leurs stries paraît avoir rayonné des principales crêtes, en suivant les grandes vallées qui en descendent, absolument comme dans les Alpes suisses. L'argile qui couvre une partie du littoral de la Norwège a été déposée, ainsi que l'avait déjà fait remarquer M. Daubrée (*antè*, p. 13), dans une mer tranquille, après le polissage des rochers et le creusement des stries; et, aux environs de Friedrikswaern comme sur d'autres points, des surfaces arrondies, striées et cannelées, se prolongent fort loin sous la mer. Ces observations récentes, en confirmant les premières appréciations de l'auteur, viennent infirmer au contraire plusieurs des conclusions de ses devanciers, et entre autres celles de M. Durocher. Scandinavie.

Depuis l'année 1840, époque de leur premier voyage en Russie, jusqu'à la publication en 1845 de leur magnifique ouvrage sur la géologie de cet empire, MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling ont donné plusieurs notices sur les principaux résultats de leurs Russie d'Europe.

(1) *La théorie des glaciers et l'hypothèse de la période du froid de M. Agassiz analysées sous le point de vue physique et géologique.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 56—88 et p. 416 *nota.* — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 857. 1842.

(2) *Compt. rend.*, vol. XVI, p. 328. 1843. — *Voyage en Scandinavie et en Laponie*, etc.

recherches, et entre autres sur la formation erratique (1) ; mais sans nous arrêter à ces communications partielles, nous passerons de suite à l'exposition des vues d'ensemble que ces savants ont présentées dans les chapitres XX et XXI de l'ouvrage que nous venons d'indiquer, et où toutes leurs observations se trouvent réunies et coordonnées (2).

De l'Océan germanique et de Hambourg à l'ouest jusqu'à la mer Blanche à l'est, une vaste zone, ayant près de 2000 milles de long et une largeur qui varie de 400 à 800 milles, est plus ou moins recouverte de débris meubles, renfermant des blocs erratiques de roches cristallines, et qui tous proviennent des montagnes scandinaves. Depuis les bords du Niémen jusqu'aux environs d'Archangel, les matériaux de ce dépôt ou *drift* sont uniformément distribués et disposés en longues bandes ou zones, souvent séparées les unes des autres par des dépressions plus ou moins larges, et dans lesquelles on n'aperçoit que peu ou point de blocs. Ces bandes ou traînées qui traversent les affleurements des couches de transition courant N.-E., S.-O., n'ont point de rapport avec les détritus formés sur place, aux dépens des roches sous-jacentes. Les falaises de la côte du golfe de Finlande, composées de calcaires siluriens inférieurs, sont à leur surface dépourvues de tout gravier local, mais on y trouve beaucoup de blocs plus ou moins gros, anguleux ou non, quelquefois accumulés en petits amas, et provenant des roches granitiques, porphyriques et des gneiss de Finlande, évidemment transportés sans avoir éprouvé de frottement. Il n'y a ni sable, ni argile, ni blocs arrondis qui annoncent un transport effectué par les eaux seules.

Au nord de Saint-Pétersbourg, les collines formées de sable, résultat de la destruction des roches granitiques voisines, renferment beaucoup de blocs provenant du nord. Ceux-ci augmentant en nombre et en volume, constituent des traînées et des collines ondulées, au-delà desquelles on atteint bientôt le bord des régions cristallines de la Finlande. Au sud de la ville, l'argile silurienne a été fortement dénudée, mais le plateau calcaire qui lui succède est couvert de ces mêmes blocs arrondis ou anguleux, soit en amas

---

(1) *Rep. 10th Meet. brit. Assoc. at Glasgow*, 1840. — *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 398. — *Bull.*, vol. XII, p. 64. 1840.

(2) *The Geology of Russia in Europe*, etc., vol. I, p. 507. 1845. — *Compt. rend.*, vol. XXI, p. 1169. 1845.

isolés, soit en traînées. A l'est, le sol bas arrosé par le Volkof et ses affluents montre peu de blocs erratiques de roches cristallines.

Le bord méridional du lac Ladoga ne présente pas de blocs. Les rivages nord, est et ouest sont exclusivement formés de roches granitiques et dioritiques. Dans la Carélie, au nord d'Olonetz, et entre les lacs Ladoga et Onéga, on retrouve, au contraire, le même dépôt qu'au nord de Saint-Pétersbourg. Ce sont des collines ondulées, ou mieux des chaînons de 75 à 100 mètres d'élévation, généralement dirigés N., S. ou N.-N.-O., S.-S.-E., et composés de détritus granitiques du nord. Sur un promontoire de la partie septentrionale du lac Onéga, une roche dioritique et une brèche qui lui est associée sont parfaitement arrondies, et couvertes, sur la face nord, d'une multitude de petites stries dirigées N. magnét. Ces stries, que l'on aperçoit jusqu'à 3 ou 4 mètres sous l'eau, se retrouvent au sommet de la colline, mais manquent complétement au sud. Le bord méridional du lac Onéga, plat comme celui du lac Ladoga, est couvert d'un dépôt peu épais, venant du nord. En s'avançant vers le N.-E., les détritus sont surtout accumulés sur les plateaux, les points élevés, et particulièrement sur leur pente méridionale. Entre Vitégra et Archangel, il y a peu de blocs erratiques, tandis qu'en se rapprochant de leur origine ou du massif cristallin des bords de la mer Blanche, leur nombre s'accroît de plus en plus.

En suivant ces traînées dans l'intérieur du continent, on atteint la chaîne des collines du Valdaï qui a arrêté une grande quantité de blocs (granite, gneiss, diorite et porphyre de la Finlande). Ils sont épars sur les sommets et accumulés sur le versant méridional. Ils se continuent ensuite autour de Moscou et même fort loin au sud de cette ville. Ceux des environs de Voronèje sont éloignés de 700 à 800 milles de leur point de départ. En les étudiant du N.-O. au S.-E., on trouve une zone puissante autour de Tcherepovetz, Yaroslavl, Wladimir, etc., où les blocs sont enveloppés d'une masse considérable de gravier, d'argile et de sable, provenant des roches sous-jacentes dévoniennes et carbonifères. A Jurievetz, sur le Volga, des blocs de quartzite, associés avec des fragments de brèche trappéenne, viennent des environs de Petrozavodsk, sur le rivage nord-ouest du lac Onéga, et ont été ainsi transportés sur une étendue de 500 milles du N.-O. au S.-E. (1). Le pays d'où descendent les affluents

(1) Voyez aussi : *Coup d'œil géologique sur le nord de l'Europe.*

de la Vitchegda est, dans cette direction, la limite de la formation erratique, de même que, plus au N.-E., la chaîne des monts Timans lui a servi de barrière (1). Nous avons vu que dans le bassin de la Petschora les dépôts quaternaires avaient des caractères assez différents de ceux-ci, et qu'au lieu de venir du N. ou du N.-O., tous leurs éléments provenaient des couches environnantes ou des roches de l'Oural, au sud-est.

Le dépôt de transport se modifie en allant vers le sud. D'après la nature des roches qui le composent, les systèmes silurien et dévonien n'ont pu produire qu'un petit nombre de blocs, mais ils ont donné lieu à des sables et à des argiles ou vases. Le calcaire carbonifère, au contraire, renfermant des bandes de silex, a laissé beaucoup de blocs que l'on ne trouve point au nord, mais constamment au sud de la zone qu'il occupe. Ces caractères du sous-sol, traduits par ceux du dépôt de transport qui le recouvre dans chaque zone du nord au sud, sont d'ailleurs particuliers à la Russie. Dans le nord de la Prusse et en Pologne, aucune roche n'a été atteinte dans les dénudations les plus profondes. Les matériaux venus du nord, avec les détritus accidentels des couches siluriennes de la Suède, sont seuls mêlés avec les sables et les argiles d'une teinte uniforme, provenant des dépôts tertiaires du pays. Dans le Mecklembourg et la Prusse, la plupart des blocs sont, comme en Russie, sur les pentes des collines; quelquefois ils sont accumulés par place, ainsi qu'on l'observe entre Schwerin et Lubeck, et autour de Séelow, sur la rive droite de l'Oder; ou bien encore ils forment des traînées irrégulières, dirigées N.-S., comme dans la Poméranie.

Les plaines sablonneuses à l'est de Posen ne présentent point de blocs sur des étendues de plusieurs milles; mais dès que l'on atteint de petites élévations un peu argileuses, vers les frontières de la Pologne, ils redeviennent abondants. En marchant de l'O. à l'E., on reconnaît que les blocs proviennent de districts très différents de la

---

Berlin, 1839. Dans le bassin de la Soula, sur les limites des gouvernements de Kharkof et de Poltava, on a trouvé une grande quantité d'ossements de Mammouth, non loin de Nédrigaïloff, dans un dépôt de transport, avec des blocs de roches scandinaves et de la Finlande.

(1) La limite méridionale des blocs erratiques en Russie a été tracée avec beaucoup de soin sur la carte géologique (pl. VI) de l'ouvrage de MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, dont nous nous occupons.

Scandinavie, et qu'ils ont été distribués par traînées. Ainsi, à l'ouest de Posen presque tous sont granitiques, tandis qu'à l'est, ce sont principalement des quartzites. Entre Kolàa et Varsovie, les détritus sont plus uniformément disséminés. A Varsovie, les blocs se trouvent à la surface du dépôt de transport, qui est composé d'argile et de vase, recouvrant des couches tertiaires de sable et d'argile avec des cailloux de quartz et de lydienne.

En Russie, de même qu'en Allemagne et en Angleterre, le volume des blocs est d'autant moindre qu'ils sont plus éloignés de leur point de départ; ainsi, autour de Moscou, le diamètre des fragments de granite et de diorite dépasse rarement 0^m 60 à 1 mètre, tandis que près de Saint-Pétersbourg il est souvent de plusieurs mètres (1).

Malgré la diversité des caractères du *drift*, suivant les lieux et la position des blocs, tantôt à la surface, tantôt au milieu des sables et des vases, les auteurs de la *Géologie de la Russie* pensent que le tout est le résultat d'un seul grand système d'opérations et qu'il s'est déposé dans une même période, sous l'eau et au fond de la mer, et cela après le dépôt de gravier et de sable coquillier de la Vaga (*antè*, p. 19). Les collines du Valdaï, dont l'élévation est de 243 à 335 mètres, en étant aussi couvertes, on ne peut douter que toute cette portion du continent ne fût alors sous les eaux. Dans leur répartition vers le sud, on remarque que les blocs se sont écartés à l'est et à l'ouest du dôme dévonien d'Orel sans le recouvrir, comme autour du massif ancien de Kielce. Ainsi que nous l'avons dit, les blocs erratiques, depuis le Yorkshire jusque dans le gouvernement de Vologda, ont rayonné du nord dans des directions comprises entre le N.-O. et le N.-E.

Quoique présentant des traces nombreuses de dislocation, la chaîne de l'Oural offre un contraste frappant avec la chaîne scandinave, et, en adoptant l'hypothèse du charriage des matériaux par les eaux, on trouve une concordance parfaite avec l'absence de blocs sur l'Oural, comme avec l'absence vers l'ouest de tout fragment qui en serait provenu. En Norwège il y a des glaciers, tandis que dans les montagnes qui séparent l'Europe de l'Asie, même au 70e degré, il n'y en a point, et il ne paraît même pas qu'il y en ait jamais eu, puisqu'on n'y a reconnu ni anciennes moraines, ni stries,

---

(1) Voyez aussi : Ch. Einbrodt, *Ueber das Vorkommen*, etc. Sur la présence de blocs de granite dans les environs de Sula (*Bull. Soc. natur. de Moscou*, 1845, p. 517).

ni rochers polis; les eaux ni les glaces flottantes n'y ont jamais apporté de blocs. En s'approchant de la Scandinavie, au contraire, les débris erratiques sont de plus en plus nombreux. Bœhtlingk a établi, en outre, que les blocs scandinaves avaient été amenés de la côte de Kemi dans la baie d'Onéga, de la Laponie russe dans la mer Glaciale, et qu'ainsi les blocs avaient rayonné d'un centre dans toutes les directions. Mais nous sommes porté à penser que la conclusion de M. Daubrée est plus exacte et qu'il y a eu plutôt, comme pour les stries, divergence des crêtes et des sommités que d'un centre unique.

A la double hypothèse d'un dépôt formé sous les eaux de la mer et du transport des blocs scandinaves par la glace, on pourrait objecter d'abord l'absence de tout débris marin et même terrestre sur une surface alors immergée qui comprend la moitié de la Russie d'Europe, la Pologne, la Prusse et une partie du Mecklembourg, et cela pendant un laps de temps assez considérable, ceux que l'on a trouvés sur les bords de la Vaga, ou à l'ouest, en Danemark et en Écosse, étant des faits trop limités pour répondre à la question, et ensuite le transport par les glaces, qui nécessite des mers glacées ou des glaciers infiniment plus étendus et plus élevés que ceux de la chaîne scandinave actuelle, surtout si l'on compare le charriage qui s'effectue de nos jours aux accumulations erratiques dont nous nous occupons. Dans cette supposition, on se rapproche donc déjà de l'opinion contraire ou de l'action directe des glaciers; car on est obligé d'admettre un froid beaucoup plus intense qu'aujourd'hui sous la même latitude, et peut-être aussi un relief de plusieurs milliers de pieds plus élevé; alors les deux explications ont une cause commune, l'abaissement de température, qui nous paraît être la question la plus importante au point de vue de la physique du globe. Les auteurs de la *Géologie de la Russie d'Europe* admettent en effet une période de froid; mais ils pensent en même temps que le relief de la péninsule était moindre, tandis qu'il semble probable, d'après ce que l'on verra plus loin, qu'à l'époque des stries il était au contraire plus prononcé.

M. Murchison et ses collaborateurs ont combattu, par des arguments très spécieux, l'application que l'on a voulu faire de l'existence d'anciens glaciers au phénomène erratique du nord, et ils ont démontré combien étaient peu fondés les raisonnements établis sur la comparaison du bassin de Genève. Mais ils supposent que les matériaux du *drift* sont descendus des deux côtés des chaînes pen-

dant leur soulèvement, en striant et sillonnant les roches sous-jacentes, et ils s'appuient dans cette explication sur les expériences de M. Scott Russel, dont nous avons déjà parlé (*antè*, vol. I, p. 147), relatives aux *vagues de translation*, et dont M. Hopkins (1) a cherché à déterminer la puissance, ainsi que M. W. Whewell (2). Le soulèvement du sol immergé avait mis en mouvement la masse de sédiment sableux, argileux et caillouteux du fond de la mer, et les stries, les sillons et le polissage seraient le résultat du frottement de cette masse sur les roches du fond, ce qui n'exclurait point d'ailleurs l'action des montagnes de glace sur ce même fond, proposée par M. Lyell. Le dernier phénomène est le desséchement de l'ancien lit de la mer élevé au-dessus de son niveau. Le soulèvement aurait eu lieu en masse sans brisure, et la surface du sol présenterait encore aujourd'hui le même aspect général que lorsqu'elle était submergée.

Les stries et les sillons observés dans le golfe de Christiania et ailleurs par MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling sont dirigés N.-N.-O., S.-S.-E., et c'est aussi, suivant eux, la direction normale en Norwège; mais nous avons vu que cette opinion n'est point partagée par M. Daubrée. Dans la partie méridionale, la face nord des promontoires est usée, polie et sillonnée, tandis que la face sud est généralement plus abrupte et dans son état naturel. En Suède, les stries et les sillons sont dirigés du N.-N.-O. au S.-S.-E., et les promontoires, usés, sillonnés et polis sur leur face nord (*Stoss seite*), sont au contraire abruptes et intacts sur le côté sud (*Lee seite*). Les œsars, déposés sous les eaux et renfermant des blocs qui sont tous arrondis, sont allongés dans le sens

Scandinavie.

(1) *Philos. Magaz.*, vol. XXVII, p. 56. 1845.

(2) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 11, p. 227. Janvier 1847. L'auteur a cherché quelles étaient les conditions mécaniques nécessaires pour expliquer le transport du *drift* du Nord par l'action d'une ou de plusieurs vagues de translation, et il a fait voir que le résultat pouvait être obtenu par une grande secousse, soulevant le fond de la mer sur une surface de 45,000 milles carrés, et à une hauteur de 500 pieds, ou bien par une succession de secousses produisant chacune des effets moindres. L'effet serait nul si le soulèvement était lent, graduel et continu. La théorie de la vague de translation rentre d'ailleurs dans ce que l'on a appelé des débâcles dues à des irruptions de l'eau de la mer, occasionnées par un soulèvement de son fond. — Voyez aussi, pour l'explication de cette théorie, *Quart Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 146. — *Proceed.*, *id.*, vol. IV, p. 9. 1843. — *Id*, vol. III, p. 686.

des stries. Des centaines de petites îles, entre Stockholm et Abo, s'élevant à peine de 30 à 35 mètres au-dessus de l'eau, sont comme les promontoires de la côte, striées et polies sur le côté nord, abruptes et inaltérées au sud. Or, un phénomène dont les caractères sont aussi uniformes ne peut être le produit de marées ordinaires ni de courants partiels. La marche des glaciers sur ces plaines et dans la mer étant inadmissible, les élévations de la presqu'île scandinave peuvent seules, disent les auteurs, rendre compte des vagues de translation et des courants puissants exigés pour cet effet. Outre un certain nombre de chocs, ils supposent encore qu'un abaissement correspondant a eu lieu dans la partie de la Russie d'Europe, de la Pologne et de l'Allemagne, sur laquelle s'est étendu le *drift*, et que des courants, partant de la chaîne scandinave, se sont aussi dirigés vers le sud. Ce double mouvement pourrait expliquer alors les traînées de blocs, le poli et les stries de la face nord des rochers.

Aux environs d'Upsal, les œsars recouvrent l'argile bleue avec la *Tellina baltica;* mais on trouve aussi à leur surface des blocs anguleux, intacts, qui y auraient été abandonnés par des glaces flottantes. Quant aux autres directions signalées pour les stries, elles seraient la conséquence même de l'hypothèse, car on conçoit que le grand dépôt de transport n'est septentrional que relativement à la Russie et à l'Allemagne; par rapport à la mer Glaciale, il est méridional; par rapport au Yorkshire il est oriental, et relativement aux monts Timans il est occidental. Le nord de la Scandinavie doit donc être regardé comme un vaste noyau cristallin qui, soumis à des élévations spontanées qu'accompagnèrent de grandes dépressions environnantes, repoussa tantôt brusquement, tantôt tranquillement les masses de détritus dont l'origine est en discussion. En outre, les plus hautes parties de la chaîne, depuis le Dovrefeld en Norwège jusqu'à l'axe de la Laponie russe, constituaient une région de glaciers qui furent brisés par quelques unes des oscillations précédentes, et d'où se détachèrent des montagnes de glace qui flottèrent au loin, et qui en fondant déposèrent les blocs erratiques sur le fond de la mer.

Quant à l'existence de coquilles arctiques, comme preuve d'un climat plus froid à cette époque sous ces latitudes, M. Murchison, se fondant sur cette observation de MM. Ed. Forbes et Loven, que le caractère plus ou moins arctique des mollusques dépend essentiellement de la profondeur d'eau sous laquelle les animaux ont

vécu (*antè*, vol. I, p. 400), se demande si l'on pourrait affirmer d'après cela que les plages soulevées de la Suède, de la Norwège, de l'Angleterre, etc., ne sont pas des fonds de mer qui, sous quelques latitudes différentes qu'ils aient été accumulés, montrent nécessairement un caractère plus arctique; mais on peut répondre, suivant nous, que, s'il en avait été ainsi, on devrait trouver, au-dessus de la zone des coquilles arctiques, d'autres zones dont les coquilles indiqueraient une moindre profondeur d'eau ; or cela n'a pas lieu, ou du moins n'a pas encore été signalé, et l'on ne connaît que ces couches coquillières qui marquent l'ancien rivage placé très peu au-dessous du niveau de la mer, comme le prouvent en outre les espèces mêmes de coquilles. On ne pourrait pas davantage arguer de l'existence d'un ancien courant d'eau froide que des mouvements du sol auraient déplacé, parce que la généralité des faits, dans les diverses parties de l'hémisphère nord, s'y oppose. Enfin, nous ferons remarquer que les auteurs ayant admis eux-mêmes la probabilité d'une période de froid (p. 528), les coquilles arctiques en deviennent la conséquence nécessaire.

Toutes les parties élevées de la Sibérie, quoique environnées de hautes montagnes de trois côtés, n'ont pas été sous les eaux et l'on n'y observe point de blocs erratiques; aussi M. Murchison en conclut-il, avec MM. de Verneuil et de Keyserling, qu'à moins d'avoir été sous la mer aucun pays ne peut être recouvert de *drift* ou de blocs étrangers ainsi qu'on le voit dans la Russie d'Europe. Par conséquent toutes les terres de l'hémisphère nord, dépourvues de ce dépôt, comme la Sibérie et certaines parties de l'Angleterre, peuvent avoir été habitées pendant longtemps par de grands quadrupèdes et être restées émergées, tandis que d'autres portions de l'Europe étaient sous les eaux (1).

Dans une communication subséquente, M. Murchison (2) a repris ce sujet relativement à la Suède et aux îles de la Baltique qui Suède.

(1) Voyez aussi : Berzélius, *Jahres Bericht ueber die Fortschritte der Phys. Wiss.*, 1844, p. 386. — C'est un résumé sommaire des auteurs et de tous les écrits qui ont traité des phénomènes erratiques du Nord. — Siljestrœm, *Vetens. Handl.* Stockholm, 1843. — Forchhammer, *Procced. roy. Soc.* Copenhague, 1843.

(2) *On the superficial detritus*, etc. Sur les détritus superficiels de la Suède et sur les causes probables qui ont affecté la surface des roches dans les portions centrale et méridionale de ce royaume. (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 8, p. 349. Nov. 1846.)

en dépendent, et qu'il avait parcourues avec M. de Verneuil en 1845. Dans celle de Gothland (p. 359) les dépôts de cailloux renferment des fragments arrondis de roches cristallines venus du nord, ainsi que des grès durs et rouges de même origine, et associés à des fragments calcaires de l'île même et à beaucoup de sable. Les bancs calcaires que ce dépôt recouvre sont sillonnés et striés. Dans la partie nord surtout, les stries sont dirigées N.-N.-E., S.-S.-O., et le transport des matériaux a dû s'effectuer sous l'eau par un soulèvement subit du continent scandinave, qui a occasionné une vague de translation.

On ne trouve dans ce dépôt aucun débris des roches secondaires du sud que les marées et les glaces apportent chaque année sur les côtes; d'où il semble résulter que la cause du drift n'était point variable comme le sont les marées actuelles, mais qu'elle se manifestait dans une direction constante.

Le célèbre géologue anglais a donné plusieurs dessins représentant les phases successives par lesquelles il suppose que l'île de Gothland a dû passer, depuis l'époque où, complétement submergée, sa surface ne présentait que les calcaires siluriens, jusqu'aujourd'hui. Pendant ce laps de temps, non seulement cette surface a été sillonnée et striée, puis recouverte par le dépôt de transport sur lequel reposent les blocs erratiques, mais encore des terrasses plus récentes qui bordent les falaises prouvent que des soulèvements successifs ont eu lieu depuis l'arrivée des blocs erratiques.

Nous avons déjà vu qu'une multitude de petites îles de roches cristallines, situées entre Stockholm et Abo, y compris celles d'Aland, étaient toutes striées sur leur côté nord, et abruptes au contraire sur leur côté sud, et nous ajouterons ici que, dans tous les monticules polis, arrondis ou *moutonnés*, le maximum d'effet s'est produit, il est vrai, du côté du nord, mais que de part et d'autre de ce maximum on voit les stries, les sillons et le poli s'affaiblir de plus en plus à l'est et à l'ouest; de sorte qu'il n'y a que le côté sud qui en soit tout à fait exempt. Cette circonstance semble appuyer l'hypothèse des courants proposée par l'auteur, et serait inexplicable si l'on supposait que des glaciers aient jamais pu s'étendre sur ces régions plates.

Après avoir étudié les œsars des environs de Stockholm, d'Upsal et de la Dalécarlie, M. Murchison fait remarquer que, quoique leur direction soit assez généralement N., S., il y en a beaucoup qui offrent une direction transverse; mais les caractères physiques du

pays et la disposition ou la forme des roches sous-jacentes ont dû influencer ces directions, comme nous l'avons dit ci-dessus (*antè*, p. 38). Pour expliquer le phénomène erratique du nord (p. 379), on doit restreindre l'action des glaciers à leur légitime domaine, et il n'est pas douteux que les traces observées à la surface de beaucoup de roches, et sans doute de toutes les régions plates, ne soient le résultat d'un transport par les eaux, que des vibrations de l'écorce terrestre auraient provoquées. Celles-ci ont produit une grande force de translation de l'eau, tandis que d'autres débâcles ont pu être déterminées par le brisement des anciens glaciers et des mers glacées; aussi doit-on s'attacher avant tout à démêler les effets dus à ces diverses causes.

Paléontologie.

Passant ensuite à quelques considérations générales sur la faune des mammifères de cette époque, le même savant a fait voir (1) que les Mammouths de la Russie étaient les mêmes que ceux de la Sibérie, et qu'en outre le *Rhinoceros tichorhinus*, le castor et l'ours se trouvaient également dans le diluvium d'Angleterre, tandis que l'*Elasmotherium* et le *Merycotherium* sont des types propres au pays. Les endroits où l'on trouve ces ossements étaient autrefois des terres basses, trop humides pour que les éléphants pussent y vivre, mais leurs débris y auront été apportés sans doute par des inondations. Les points où l'on ne trouve pas de fossiles actuellement formaient des îles au milieu de ces marécages, et le *Bos urus*, le seul de ces mammifères qui subsiste encore, aurait échappé à une destruction complète par des individus qui se seraient réfugiés sur les steppes granitiques que les eaux n'ont point ravagées (2).

Travaux divers sur la formation erratique du Nord.

En continuant l'énumération des travaux sur la formation erratique du nord, nous trouvons dans la partie physique du voyage de la corvette *la Recherche* (3) des observations de M. Durocher contre la théorie des glaciers, appliquée à ce phénomène. Un climat froid, neigeux et pluvieux ne suffit pas, dit ce géologue, pour former des glaciers sur un pays plat, et tous les faits observés jus-

(1) *Note sur l'*habitat *et la destruction des Mammouths.* (*Edinb. new phil. Journ.*, 1846, p. 344.) — *L'Institut*, 23 sept. 1846. — *Bibl. univ. de Genève*, id.

(2) Voyez aussi : M. Wolkoff, *Introduzione ad uno studio*, etc. Introduction à une étude géologique sur la chaîne de l'Oural. Naples, 1842.

(3) P. 113.

qu'au-delà du 74° de lat. N. sont contraires à la supposition qu'il a pu en exister dans de pareilles conditions. La présence même d'une montagne est insuffisante, et il faut qu'il y en ait plusieurs réunies, ou bien que ce soit un massif découpé, dont les diverses parties laissent entre elles des vallées et des dépressions. Après avoir énoncé d'autres motifs à l'appui de son opinion, l'auteur conclut qu'il est impossible de concevoir d'anciens glaciers qui auraient occupé à la fois la Suède, la Finlande, le nord de la Russie et de l'Allemagne.

Quant aux caractères laissés sur les roches par le phénomène erratique, M. Durocher rappelle que Bœhtlingk a signalé des points où les stries et les sillons sont disposés circulairement autour d'un monticule et à diverses hauteurs; ainsi les corps sillonnant ont pu éprouver des déviations dans leur mouvement autour des obstacles, ce qui ne peut être le cas d'un glacier. Pour les *pots de géants*, ils peuvent avoir été formés par l'eau dans l'une comme dans l'autre hypothèse.

En Finlande les sillons et les stries sont presque toujours dirigés N.-N.-O., et se rapprochent constamment du N. 25° O. Or si les glaciers avaient existé, ils auraient dû suivre des directions en rapport avec les pentes du sol, et leurs traces ne devraient pas affecter la même direction sur les flancs de toutes les montagnes; on est donc obligé de reconnaître que l'agent qui les a produites était animé d'une impulsion très vive, en vertu de laquelle il a suivi une direction constante; que les accidents du sol n'ont pu modifier que rarement, et d'une manière peu prononcée. Mais cette généralité dans la direction des stries est loin d'être admise par tous les géologues. M. Daubrée, entre autres, a constaté que, dans les Alpes scandinaves, les traces de frottement divergeaient à partir des régions culminantes, et se rapprochaient des lignes de plus grande pente des massifs montagneux (*antè*, p. 41).

Après avoir recherché si les caractères généraux des dépôts erratiques s'accordent avec l'hypothèse de l'ancienne extension des glaciers, et si les œsars de la Suède et de la Finlande peuvent être considérés comme des moraines, M. Durocher pense que non seulement l'existence d'immenses glaciers est invraisemblable en elle-même (p. 131), mais encore qu'elle ne rend pas compte de la disposition des stries ni de la répartition des blocs et des cailloux roulés.

Dans une autre publication, l'auteur avait dit qu'en prenant pour centre chacune des roches qui ont fourni des blocs erratiques, la

zone qui renferme des blocs partis de ces mêmes roches occupe un tiers et quelquefois la moitié d'une circonférence, et M. de Charpentier avait attribué ce fait à l'époque du retrait des glaciers, alors que certaines montagnes devaient être l'origine d'amas de glace isolés; mais M. Durocher fait observer que c'est à une distance de plus de 100 lieues que les blocs sont ainsi disposés, non pas autour des rochers de la Suède et de la Finlande, mais sur les plages méridionales de la Baltique et plus loin encore; aussi, attribue-t-il leur transport à des glaces flottantes.

En comparant à ceux du nord de l'Europe les phénomènes diluviens des Alpes et des Pyrénées, dont nous nous occuperons plus loin, le même géologue trouve qu'ils ont entre eux une grande ressemblance, et que l'on est conduit à les rapporter à des causes analogues; seulement dans la Suède et la Finlande les sillons et les cannelures ont, suivant lui, une direction constante, tandis que dans les Alpes et les Pyrénées, les uns et les autres se conforment invariablement à la direction des dépressions, ce qui résulterait de l'élévation des montagnes, de la profondeur et de l'encaissement des vallées qui auraient contenu l'agent sillonnant entre leurs parois.

A la suite d'un nouveau voyage qu'il fit en 1845, M. Durocher a publié quelques *observations pour servir à l'histoire des phénomènes erratiques de la Scandinavie* (1), lesquelles ont donné lieu à des discussions dont nous indiquerons seulement les principaux éléments. Sur les côtés du golfe qui borde les extrémités méridionales de la Norwège et de la Suède, ainsi que sur les îles voisines, on remarque des canaux cylindroïdes, droits ou sinueux, de profondeur variable, quelquefois bifurqués, à parois polies et striées, et dont l'axe, comme les stries intérieures, ont la même direction que les traces de frottement du pays environnant. Ces traces, qui se voient sur les diverses espèces de roches, paraissent être dues au même phénomène. Des stries et des sillons s'observent également sur des parois de rochers surplombant, ce qui ne peut, suivant l'auteur, être attribué qu'à des courants qui charriaient des débris plus ou moins gros et non à des glaciers. Les dépôts sableux, avec ou sans blocs, des parties élevées de la Suède, lesquels atteignent jusqu'à 1000 mètres d'altitude et sont horizontaux sur de très grandes étendues, de même que l'état et la disposition de leurs

(1) *Compt. rend.*, vol. XXI, p. 1158. 1845. — *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 65. 1845.

éléments, ne peuvent être attribués qu'à des phénomènes aqueux ; mais M. Durocher n'admettant pas qu'ils aient été formés dans des lacs, et les distinguant des argiles et des sables coquilliers de la côte occidentale de la Scandinavie, à cause de l'absence de corps organisés, conclut qu'ils appartiennent aussi au grand phénomène erratique, dont les glaciers n'ont pas été l'agent, et qu'ils ne doivent pas être assimilés à d'anciennes moraines.

M. Agassiz (1) a combattu plusieurs de ces assertions, en faisant voir que les sillons ondulés et sinueux ne sont point aujourd'hui creusés par les glaciers, mais bien par les eaux qui circulent dessous, et qu'ensuite, remplis de cailloux empâtés dans la glace, ils sont alors soumis aux mêmes conditions que le lit du glacier, et striés de la même manière. En outre les glaciers ne polissent pas seulement par leur face inférieure, mais aussi par leurs flancs et par les parties engagées sous des roches surplombantes, ce qui rend compte des faits signalés par M. Durocher. M. Schimper (2) et M. E. Robert (3) ont également contesté plusieurs des conclusions du savant ingénieur, qui n'a point laissé ces objections sans réponse (4).

Dans une note fort étendue, M. Ch. Martins (5), dont nous avons eu souvent occasion de rappeler les travaux importants sur les glaciers modernes, s'est attaché à réfuter les arguments par lesquels M. Durocher avait appuyé son opinion sur l'origine diluvienne de la formation erratique du nord, et sur celle de tous les effets qui semblent s'y rattacher, et, par suite, il a rapporté au contraire à l'action d'anciens glaciers la plus grande partie des phénomènes observés ; d'autres, résultant de causes actuelles, n'ont aucun rapport avec les agents plus anciens ; enfin il y en a qui doivent être attribués aux courants diluviens, conséquence nécessaire de la fusion des glaces avant l'époque moderne. Ne pouvant mentionner ici les nombreux documents rassemblés par l'auteur, nous reproduirons son résumé général (p. 126).

1° Les stries rectilignes observées en Norwège sur des parois verticales ou surplombantes ont été burinées par des glaciers. Les glaciers de nos jours polissent et strient continuellement leurs parois

---

(1) *Compt. rend.*, vol. XXI, p. 1331. 1845.
(2) *Ibid.*, vol. XXII, p. 43. 1846.
(3) *Ibid.*, vol. XXI, p. 1333. 1845.
(4) *Ibid.*, vol. XXII, p. 116. 1846.
(5) *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 102. 1845.—*Arch. f. Wissenschaf. kunde v. Russland* de *Erman*, vol. V, p. 396. 1846.

et leur fond; 2° les canaux sinueux quelquefois ramifiés, observés sur le rivage des îles du golfe de Christiania, sont dus au ressac de la mer. Ce sont les *karren* de la Suisse, les *lapiaz* de la Savoie, creusés par des torrents, des sources, les eaux pluviales ou les neiges fondues; 3° le parallélisme entre les canaux sinueux des îles et les stries rectilignes du continent n'existe pas; l'angle moyen est de 54°; 4° les sables stratifiés avec des blocs anguleux du Jemtland et de la Dalécarlie sont des fonds de lacs ou de courants barrés par des glaciers et présentant çà et là des moraines intactes ou remaniées par les eaux; 5° les œsars sont dus à l'action mixte d'un glacier et des courants auxquels sa fusion a donné naissance.

La dernière de ces conclusions a déjà été réfutée par l'âge relatif bien constaté des œsars, et elle le sera mieux encore par ce que nous dirons tout à l'heure; les autres ont été contestées par M. Durocher (1) dans une note à laquelle M. Martins a répliqué à son tour (2). Depuis lors, ce dernier savant a décrit avec beaucoup de détails les stries de la Suède et d'une partie de la Norwège, ainsi que les dépôts meubles du même pays (3), et, dans les *remarques* qu'il a publiées immédiatement après (4), il s'est attaché à détruire une partie des arguments de son adversaire, qui a répondu à cette critique (5).

Après cette discussion, dans laquelle on s'est peut-être trop préoccupé de faire prévaloir telle ou telle théorie, et pas assez du véritable but, qui ne peut être atteint que par une étude longue et comparative d'une multitude de faits d'ordre différent, nous devons signaler, quoiqu'en dehors de la période qu'embrasse notre travail, une *Note sur le phénomène erratique du Nord comparé à celui des Alpes* (6) par M. E. Desor, et dans laquelle l'auteur a procédé d'une manière trop logique pour que les conséquences suivantes ne soient pas d'un grand poids dans la solution de la question. Nous remarquerons d'ailleurs que l'idée principale se déduisait déjà, comme on l'a vu, des recherches propres de M. Keilhau et de M. Forchhammer, et plus encore de celles de M. Dau-

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 250. 1846.
(2) *Ibid.*, p. 255.
(3) *Ibid.*, vol. IV, p. 29. 1846.
(4) *Ibid.*, p. 89.
(5) *Ibid.*, p. 107.
(6) *Ibid.*, p. 182, et pl. II, fig. 1, p. 296. — *Amer. Journ.*, 2e sér., vol. III, p. 313. 1847.

brée, dont le collaborateur de M. Agassiz ne paraît pas avoir eu connaissance.

M. Desor conclut des observations qu'il a faites (p. 204) « 1° qu'il » existe la plus grande analogie entre le phénomène erratique du » nord et celui des Alpes, malgré les objections que l'on a élevées » contre l'application de la théorie glaciaire aux régions scandinaves ; » 2° que les traits propres du phénomène du nord sont une consé- » quence des changements de niveau auxquels le sol de la presqu'île » est assujetti ; 3° que ces changements de niveau ne sont pas limi- » tés à l'époque historique, mais qu'ils remontent au-delà du dilu- » vium ; 4° que depuis lors le sol de la Scandinavie a éprouvé des » soulèvements et des abaissements successifs. »

« J'ai distingué, poursuit l'auteur, trois mouvements principaux » qui correspondent aux principales phases de l'époque diluvienne ; » savoir : 1° un premier soulèvement pendant lequel le sol était » plus exhaussé qu'il ne l'est maintenant : c'est la période des glaces ; » 2° un affaissement général, entraînant à sa suite l'envahissement » des plaines de la Scandinavie par la mer ; 3° l'émersion de ces » mêmes plaines qui se continue encore sous nos yeux : c'est l'époque » des œsars.

» Chacune de ces périodes a dû être d'une certaine durée. On » conçoit, en effet, que, pour qu'un agent se mouvant aussi lente- » ment qu'un glacier ait pu transporter, à la distance de plusieurs » centaines de lieues, des blocs et tout un terrain arraché aux mon- » tagnes de la Norwège, il a fallu un temps fort long, dont le mi- » nimum serait de plusieurs milliers d'années, si l'on prenait pour » base le mouvement le plus accéléré des glaciers de notre époque. » La seconde période a dû être au moins aussi longue, si l'on con- » sidère le temps qu'il faut pour qu'une faune tout entière puisse » vivre, se propager et laisser des dépouilles nombreuses sur un » sol autrefois inondé. Enfin la troisième période comprend l'épo- » que historique, depuis la prise de possession de ce sol par les po- » pulations de races étrangères dont nous trouvons les débris au » fond des tourbières du nord.

» Ainsi donc l'époque glaciaire n'est pas un simple accident dans » l'histoire de notre globe ; c'est une longue période, dont l'histoire » est d'autant plus importante pour la géologie qu'elle fait le passage » des époques antédiluviennes aux temps historiques. »

M. Desor a en outre critiqué quelques unes des idées que nous avons vues émises par les auteurs de la *Géologie de la Russie d'Eu-*

rope, en faisant voir que l'identité des traces laissées par l'agent d'érosion sur les montagnes, sur les plaines, sur les plateaux, dans les vallées et jusque sous la mer était tellement parfaite qu'il n'était pas possible de regarder cet agent comme multiple ou résultant de causes distinctes.

M. L. Frapolli (1), à qui l'on doit un travail encore inédit, mais du plus haut intérêt, sur les dépôts de transport situés au nord du Harz (2), est également opposé à la théorie des glaciers et à celle des courants pour la production des stries. Il a d'abord rappelé le mémoire de M. Forchhammer, dont nous avons parlé, puis il s'est attaché à confirmer l'opinion du naturaliste danois en signalant l'immense quantité de glaçons garnis de blocs et de galets, qui, poussés par les vagues et les vents, lors des tempêtes de l'hiver et du printemps, viennent frapper les côtes, ou se traîner lourdement dans les canaux, sur les bas-fonds et les écueils qui sont près du niveau de la mer. Le mouvement imprimé à ces glaces flottantes doit polir les roches soumises à leur action, et produire des stries dont l'aspect et la disposition seront en rapport avec les lois générales du mouvement des eaux, avec l'action des vents dominants et avec le relief des côtes. M. Forchhammer avait constaté ces faits pour le Danemark et la Suède méridionale, et M. Frapolli est arrivé aux mêmes conclusions pour une partie du littoral de la Norwège et des côtes de la Suède. Une carte topographique très détaillée de M. Weibye semble démontrer comme loi générale :

« Que les stries et les sillons des surfaces horizontales ou presque » horizontales ont une direction toujours perpendiculaire aux côtes » générales dans les baies ouvertes, toujours parallèles à l'allure » des canaux dans les fiords étroits ; que l'horizontalité ou le plus » ou moins d'inclinaison des stries, sur les surfaces inclinées ou » verticales, dépend du relief des côtes de la localité, et est toujours » en rapport avec ce relief et avec l'action des différents vents. »

M. Frapolli a trouvé que ces principes se confirmaient toutes les fois que l'on rapprochait le phénomène des stries de l'élévation graduelle du sol, telle qu'elle a été constatée dans cette partie du continent, et que l'on mettait en rapport la direction et l'inclinaison des stries et des sillons avec la section horizontale du sol, à la hauteur de ces mêmes stries, ou, en d'autres termes, avec l'en-

---

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 416. 1847.
(2) *Compt. rend.*, vol. XXVI, p. 200. 1848.

semble de la disposition des côtes au moment où ces stries étaient près du niveau de la mer. Or, la perpendicularité aux côtes générales des stries des surfaces supérieures est le résultat de la loi du mouvement des vagues dans une mer ouverte, tandis que le parallélisme qu'affectent les stries du fond des vallées avec la disposition de ces dernières est en relation avec ce même mouvement. Celui-ci produit des courants dans les canaux étroits situés entre les récifs et dans les fiords dirigés vers la côte, et il en est de même de l'action des vents qui poussent les glaçons dans une direction que détermine le rivage de ces détroits. Cette action étendue aux différentes époques de soulèvement de la Scandinavie rendrait compte des divers niveaux auxquels on observe les stries. Enfin l'auteur termine son mémoire par des remarques fort justes sur la nécessité, avant toute discussion, de déterminer les caractères minéralogiques, géologiques et zoologiques, ainsi que les limites et la position des dépôts marins, d'eau douce ou terrestre, qui portent l'empreinte de causes violentes ou de sédiments tranquilles, ou qui diffèrent par leur âge, par leurs éléments constituants, comme par la direction d'où ces éléments proviennent, etc.

M. Ch. Martins (1) a fait observer que l'explication précédente était la troisième proposée par les partisans de l'action de l'eau, et qu'elle supposait que la Scandinavie avait été immergée jusqu'à 1400 mètres, puisque des surfaces polies et striées ont été citées jusqu'à cette hauteur, tandis qu'on ne trouve de traces positives du séjour de la mer que jusqu'à 240 mètres, limite des dépôts argileux coquilliers. L'identité des stries formées par les glaces flottantes poussées contre le rivage avec celles des glaciers ne lui paraît pas non plus démontrée, et cette circonstance, que du cap Nord jusqu'à Christiania le côté arrondi, poli et strié des roches du rivage est tourné vers l'intérieur des terres, tandis que le côté escarpé, anguleux et non strié, regarde la mer, lui semble contraire à l'opinion soutenue par M. Frapolli, de même que l'existence de stries redressées d'amont en aval, au rétrécissement des hautes vallées de la Suède et de la Norwège.

M. Frapolli (2) a fait aussi connaître les idées de M. Weibye relatives à la production des stries par l'action des vagues sur les roches, mais il est difficile d'admettre cette explication pour la

(1) *Bull.*, 2ᵉ sér., vol. IV, p. 420. 1847.
(2) *Bull.*, 2ᵉ sér., vol. IV, séance de juin 1847.

généralité des faits. Le même savant a communiqué en outre de nouvelles observations de M. Forchhammer sur les surfaces polies et striées de l'île de Bornholm. Les pentes et le sommet des collines offrent des stries, parfaitement conservées et généralement dirigées N. 42° E. à S. 42° O. On remarque de plus, sur les parties méridionale et occidentale de l'île, une grande quantité de blocs isolés de diverses roches qui s'avancent au loin dans la mer et qui sont couverts de stries régulières, droites et perpendiculaires à la ligne de côte, mais manquant toujours sur leur face inférieure; de sorte que ces blocs ont dû être striés à la place même qu'ils occupent aujourd'hui et depuis qu'ils ont été séparés de la roche d'où ils proviennent. L'auteur attribue cet effet aux silex anguleux répandus sur la plage et que les vagues et les glaces mettent en mouvement.

La craie dure de Faxoe, polie et striée sur certains points, offre divers systèmes de stries rectilignes et des raies courbes irrégulières, qui paraissent être complétement inexplicables par la théorie des glaciers comme par celle des courants, tandis que le sable poussé par les vagues serait le véritable agent du polissage et du burinage. Ces effets se reproduisent encore sur la côte.

Passant ensuite au charriage des blocs, des cailloux et du gravier enveloppés ou saisis par les glaces et transportés au loin chaque hiver, M. Forchhammer montre combien est considérable la quantité de ces détritus abandonnés ainsi sur les côtes et les bas-fonds. Il cite, entre autres faits remarquables, un navire qui avait sombré dans la rade de Copenhague en 1807 et qui, en 1844, fut retrouvé couvert de blocs dont plusieurs avaient 6 ou 8 pieds cubes. Au dire des plongeurs, il en serait de même de tous les navires qui, à diverses époques, ont été coulés à fond dans ces parages.

Appendice bibliographique.

KLODEN. — *Blocs erratiques de calcaire oolithique ammonitifère des environs, mélangés avec d'autres calcaires à Conulaires, etc., à la surface de l'île de Rügen.* (*Neu. Jahrb.*, 1834, p. 322.)

DASSEN. — *Sur l'origine des cailloux ronds sur la bruyère de Drente et sur d'autres points.* (*Tijdssh. voor natuurlüje Geschied. en physiolog* de *von der Hœven*, vol. II, p. 255. 1835.) — Suivant l'auteur, le soulèvement des roches scandinaves anciennes a eu lieu lorsqu'elles étaient encore molles et que leur enveloppe extérieure était solide; or, cette dernière ayant été brisée, des fragments lancés dans

l'air y auraient ébauché leur forme arrondie, qui le serait devenue complétement ensuite par le transport.

De Rumohr. — *Origine des blocs erratiques de l'Allemagne et de la destruction de divers terrains cachés sous une alluvion peu épaisse.* (Voy. son *Reise durch die OEstlichen Bundes Staaten*, 1840.)

Kalenitschenko. — *Sur des blocs scandinaves et des os d'animaux éteints dans le sud de la Russie.* (*Abeille du Nord*, 1840, p. 3, 15, n° d'avril. — *Neu. Jahrb.*, 1840, p. 464.)

De Buch. — *Sur les rochers striés de la Suède, regardés comme des surfaces sillonnées par le glissement.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 669), puis publié en 1845.

Wissmann. — *Réfutation de la note précédente.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 671.)

Hofman - Bang. — *Origine des cailloux roulés ou blocs erratiques du Danemark.* (*Forhand. vid det af skandinav. Naturforsk.* Travaux de la réunion des naturalistes et médecins scandinaves à Copenhague en 1840. (Copenhague, 1841, p. 343. *Tidssk. for naturvid.* de *Kroeyer*, vol. II, p. 601.)

A. S. Oerstedt. — *Excursion à Frindelen; dépôt alluvial de la baie d'Odensee.* (*Tidssk. for. naturvid.* de *Kroeyer*, vol. III, p. 552, pl. 7. 1841.)

Kapp. — *Sur les glaciers et la calotte de glace.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 215).

Escher. — *Note contre les recherches de Sefstrœm et de Bœhtlingk sur les sillons diluviens en Scandinavie.* (*Verhand. d. Schweitz. naturf. Gesch. zu Altdorf*, 1842, p. 237.)

Fallou. — *Les blocs erratiques du Nord.* (*Mittheilung u. d. Osterlande v. d. naturforschend Ges. in Altenburg*, vol. VII, p. 73-100. 1843.)

Forchhammer — *Rapport du dépôt des cailloux scandinaves. Danemark.* (*Forhand. vid det af skandinav. Naturforsk.*, 1842, Stockholm, 1843, p. 81.) Voyez aussi : *Soc. roy. de Copenhague*, 1843.

Eichwald. — *Sur les sillons du gneiss et du granite scandinaves, et sur les roches moutonnées de l'Oural.* (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 467.)

Berzélius. — *Jahres Bericht ueber die Fortschritte der Phys. Wiss.*, 1844, p. 386.

Dans ce résumé de l'illustre chimiste suédois se trouvent mentionnés tous les auteurs qui ont écrit sur le phénomène diluvien du Nord.

T. Scheerer. — *Beitrage zur Kenntniss*, etc. Matériaux pour servir à l'histoire du phénomène des stries décrit par Sefstrœm, in-8 avec planches. (*Ann. der Chem. und Phys.* de *Poggendorff*, 3e sér., vol. VI, p. 269. 1845.)

Zimmermann. — *Die Geschiebe*, etc. Le terrain diluvien de la plaine de l'Allemagne septentrionale et les pétrifications des environs de Hambourg considérées comme moyen de reconnaître l'origine de ce terrain. (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 643.)

CHAPITRE II.

TERRAIN QUATERNAIRE DES ILES BRITANNIQUES.

La comparaison des résultats obtenus par les recherches qui ont été faites sur le terrain quaternaire du nord de l'Europe, avec ceux que nous fournissent les observations dont ce même terrain a été l'objet dans les îles britanniques, est une nouvelle preuve de la nécessité de se borner d'abord à l'examen d'un espace peu étendu, pour établir des bases au moyen desquelles on peut ensuite coordonner une multitude de faits qui ne présentaient qu'un assemblage confus et incohérent. Quoique depuis quinze ans les Etats du nord de l'Europe aient été parcourus en divers sens par d'habiles naturalistes, c'est à peine si de leurs courses rapides on a pu déduire ces quelques principes généraux, qui semblent même avoir peu fixé l'attention, quoiqu'ils soient plus importants, suivant nous, que les discussions sur les causes d'un phénomène dont les effets sont encore imparfaitement connus.

Ces principes sont : 1° l'antériorité des stries et des sillons à tous les dépôts quaternaires, stratifiés ou non, coquilliers ou sans débris organiques; 2° la très grande probabilité de l'abaissement du sol après ce phénomène, puis le dépôt des argiles bleues et des sables coquilliers de la côte occidentale de la Scandinavie; 3° le soulèvement de cette côte et son état stationnaire, tandis que la plage orientale ou Baltique, qui s'élève depuis l'époque actuelle, a déjà émergé les œsars et continue encore son mouvement ascensionnel, qui paraît avoir été soumis à des intermittences, et même à des oscillations inverses. Tout le reste est encore à déterminer, soit relativement à la succession des divers effets observés, soit au tracé des limites dans lesquelles ils se sont produits, ou enfin par rapport à leur origine simple, ou multiple.

En Irlande, en Écosse et en Angleterre, il s'en faut de beaucoup sans doute que toutes les questions relatives à l'époque quaternaire soient résolues; mais les faits acquis à la science, et nous allons voir

qu'ils sont extrêmement nombreux, ont été observés avec autant de sagacité que d'exactitude, et presque toujours sans être défigurés par des explications prématurées ou le désir de les rattacher à une théorie quelconque ; aussi pourrons-nous procéder dans leur énumération avec un certain ordre qu'il nous a été impossible d'établir dans le chapitre précédent.

Nous diviserons celui-ci en cinq sections, dont la première comprendra la description de la *formation erratique* ou des dépôts de transport proprement dits, la deuxième les *dépôts lacustres*, la troisième les *dépôts coquilliers marins et les plages soulevées*, la quatrième les *traces attribuées à l'existence d'anciens glaciers*, et la cinquième les *cavernes à ossements et les brèches osseuses* qui ne sont que des cas particuliers des dépôts de cette époque. Quelques considérations paléontologiques termineront ce chapitre.

La distinction du *drift*, ou formation erratique, et des dépôts lacustres n'est point absolue, car nous verrons qu'ils alternent dans certaines localités, surtout vers la base ; mais l'antériorité de la plupart des dépôts marins aux uns et aux autres est un fait constant ; enfin les stries et les sillons, quelle que soit leur origine, résultent d'un phénomène plus général, qui a précédé ces divers dépôts, et qui marque d'une manière précise, en Europe comme dans l'Amérique du Nord, le commencement de l'époque quaternaire.

§ 1. Formation erratique des îles britanniques.

Écosse. Bien qu'il ne soit pas possible de tracer partout une séparation complète entre les divers dépôts quaternaires des îles Britanniques, ceux que nous allons décrire occupent en général la partie supérieure du terrain. Nous montrerons d'ailleurs la liaison qui existe entre les divers membres composant ce grand ensemble de couches meubles souvent mal stratifiées. Nous devons faire remarquer, toutefois, que dans ce qui suit nous avons souvent décrit en même temps, parce qu'elles faisaient partie de la même coupe, les argiles avec blocs ou *till* reposant sur des roches polies et renfermant des cailloux striés. Ces argiles constituent, sur certains points, le dépôt le plus ancien ou qui a succédé immédiatement au phénomène des stries. Les couches coquillières qui viennent au-dessus, quoique appartenant aux plages soulevées, seront aussi mentionnées par le même motif.

M. D. Milne (1), dans sa description géologique du Berwickshire, a signalé les conglomérats peu anciens des bords de la mer et les amas diluviens qui les recouvrent, associés à des marnes coquillières. Une digue de sable et de gravier (*kaims*) traverse la partie supérieure du comté. Sa plus grande hauteur est d'environ 20 mètres au-dessus des marais environnants. Le sable occupe particulièrement la base du dépôt, et le gravier le sommet. Ce dernier est presque exclusivement composé de fragments de grauwacke et n'en renferme point de trapp, quoique cette roche se trouve dans les montagnes voisines au nord et au sud; d'où l'on peut induire que le phénomène qui a donné lieu à ces accumulations venait de l'O. La ligne supérieure de la digue est presque de niveau avec le *muir* adjacent qui consiste en un lit profond de gravier diluvien.

Dans le Lothian, le même géologue (2) a cru devoir distinguer un certain nombre de dépôts de transport qui, suivant lui, appartiendraient à des époques différentes. Il indique de bas en haut, mais sans cependant qu'il y ait toujours superposition :

1° Sable et gravier, de 3 mètres d'épaisseur et reposant immédiatement sur les roches anciennes;

2° Argile inférieure avec des galets et des blocs de plusieurs mètres cubes. Cette argile est endurcie, bleu foncé ou brune, à texture grossière, et renferme souvent, disséminés dans toute son épaisseur, des fragments arrondis de basalte, de granite, de micaschiste, de conglomérat, de grès, de quartzite, de calcaire, de feldspath et dix ou douze variétés de diorite. Plusieurs de ces fragments sont striés et la plupart viennent de très loin. Ce dépôt se voit particulièrement sur la côte au nord d'Édimbourg, mais à l'intérieur du pays on ne peut guère assigner ses limites avec certitude. Son épaisseur est quelquefois de 20 mètres, et il atteint jusqu'à 225 mètres au-dessus de la mer. Une défense d'éléphant y a été recueillie;

3° Gravier incohérent, beaucoup plus sablonneux que le dépôt précédent qu'il recouvre, mais reposant aussi quelquefois sur les roches stratifiées. Sa couleur est le brun clair ou le jaune paille; il

(1) *Prize-Essays and transact. highland and agric. Soc. of Scotland*, vol. XI, 2e sér.; vol. V, p. 230. 1837.

(2) *On the Mid-Lothian*, etc. Sur le terrain houiller du Lothian central et du Lothian oriental. *Transact. roy. Soc. of Edinburgh*, vol. XIV, p. 253, avec carte et coupes. 1839.

est fort irrégulier, et les éléments qui le composent sont disséminés sans ordre. Les fragments sont moins gros et moins arrondis que dans l'argile avec blocs, mais les espèces de roches sont à peu près les mêmes. Son épaisseur est quelquefois de 12 mètres;

4° Lits d'argile fine, sans gravier ni cailloux roulés et se divisant en feuillets. A Porto-Bello, elle constitue deux couches puissantes, l'une de 8 et l'autre de 16 à 20 mètres d'épaisseur. Ces argiles paraissent représenter le *coarse clay* de Falkirk et de Stirling qui est aussi couvert par le même gravier sablonneux. Des ossements de cétacés et des coquilles marines y ont été trouvés sur plusieurs points (1);

5° Lit de sable fin, blanc, pur, particulièrement développé au nord d'Édimbourg, où il a jusqu'à 10 mètres d'épaisseur. Il s'élève à 200 et 225 mètres au-dessus de la mer;

6° Sable avec coquilles, distinct du précédent par sa faible élévation au-dessus de la mer. Il forme une couche de 10 à 20 mètres d'épaisseur et dont la base se trouve à 10 ou 12 mètres au-dessus des hautes eaux. Il est plus ou moins éloigné de la côte actuelle, et on y a rencontré des ossements de bœuf et des cornes de daim; mais les coquilles n'ont pas été spécifiquement déterminées;

7° Couches supérieures composées de galets et de graviers irrégulièrement stratifiés.

Passant ensuite à l'explication des causes qui ont présidé à la formation de ces dépôts, l'auteur pense que les premiers résultent du mouvement de grandes masses d'eau parcourant la surface du pays disloqué par de nombreuses failles, et que leur effet a dû être un nivellement complet de cette surface. L'argile avec blocs se voit sur quelques points à 320 mètres au-dessus de la mer, et des blocs erratiques existent jusqu'à 400 mètres; aussi M. Milne admet-il que c'est le résultat d'un cours d'eau très violent venant de l'O., comme le prouvent la grosseur des fragments transportés, leur disposition, qui n'est point en rapport avec leur pesanteur, l'argile non feuilletée qui les entoure, les stries que l'on remarque à leur surface et sur les roches sous-jacentes, etc. Sir J. Hall avait estimé que ce courant devait avoir 330 mètres de profondeur ou 560 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer. Plus tard, les eaux devinrent tranquilles, puis s'abaissèrent, car les sables et les argiles sont à une moindre

---

(1) Voyez aussi : *On the ossiferous beds*, etc. Sur les couches ossifères dans les bassins du Forth, de la Clyde et de la Tay, par Hibbert. *Rep. 4th Meet. brit. Assoc. at Edinburgh*, p. 642. 1834.

hauteur. Le dépôt de gravier et plusieurs de ceux qui l'ont précédé seraient dus à des soulèvements et à des abaissements successifs du sol.

M. C. Maclaren (1) a mentionné l'espèce de revêtement d'argile et de gravier qui entoure Arthur's-Seat et les autres collines des environs d'Édimbourg. Il y distingue de bas en haut une argile bleue ou rouge, tenace, une argile tendre avec des cailloux roulés, et du sable, seul ou mélangé de gravier. Il croit que les courants qui les ont déposés venaient de l'ouest. L'auteur a traité aussi, d'une manière plus générale, du *phénomène alluvial* (dépôts de transport quaternaire) dans les collines de Pentland et dans le Lothian central (p. 207), puis des blocs erratiques (p. 220).

Dans le Fifeshire, M. S. Anderson (2) a décrit le *till* ou argile ferrugineuse très tenace, atteignant 200 à 230 mètres d'altitude. Il est formé de débris du vieux grès rouge, déposés sous forme de boue et enveloppant des blocs striés, de toutes les dimensions. Ce dépôt, que l'on voit particulièrement au sud de la Tay, est surmonté d'une seconde assise moins constante, souvent très épaisse, composée de sable et de gravier, avec une grande quantité de fragments de toutes sortes de roches. Un dépôt vaseux considérable occupe par place le bassin inférieur de l'Earn et de la Tay. Des marnes coquillières, des tourbières, d'anciennes plages et des amas de sable prouvent des changements relatifs de niveau assez récents entre la terre et la mer. Dans le Peebleshire, d'après M. R. Nicol (3), la formation erratique serait aussi composée de deux assises.

Suivant M. Craig (4), les blocs erratiques existent dans tout le bassin de la Clyde où il n'y a pas eu de dénudations postérieures. Ce sont des fragments de roches anciennes sédimentaires, porphyriques ou granitiques, dont quelques uns sont sillonnés ou rayés, et dont le plus grand nombre sont usés et arrondis sur les angles.

Une argile avec blocs, semblable à celle du Lothian et non stratifiée, puis du sable et du gravier, à la surface duquel se trouvent

---

(1) *A Sketch of the geology*, etc. Esquisse de la géologie de Fife et du Lothian, in-12, p. 45, 61, 207. Édimbourg, 1839.

(2) *On the geology*, etc. Sur la géologie du Fifeshire. (*Prize-Essays and transact. Highl. and agric. Soc. of Scotland*, vol. VII, p. 376. 1841.

(3) *Ib.*, vol. VIII, p. 149. 1843.

(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 415.

de gros blocs arrondis, occupent une certaine étendue dans le Roxburghshire. La plupart des blocs du Liddesdale sont de granite gris. M. D. Milne (1), à qui l'on doit de si bons travaux géologiques, pense que tous ces dépôts meubles se sont formés sous les eaux de la mer et qu'aucun d'eux n'est dû à l'action d'anciens glaciers. Des courants sous-marins ou de grandes vagues, telles qu'il a dû s'en produire lors de l'apparition des roches ignées sous la mer, peuvent également les avoir occasionnés. D'après M. J. Martin (2), les montagnes de gneiss du Maryshire ou Elginshire sont aussi recouvertes d'un diluvium fort épais.

M. J. Smith (3) s'est attaché à démontrer que les blocs erratiques trouvés dans le *till*, ou à sa surface, et qui sont arrondis et sillonnés, ne peuvent être regardés comme transportés par les glaciers. Un courant, semblable à celui que pourraient déterminer les oscillations d'un tremblement de terre assez violent, aurait entraîné, suivant lui, des portions considérables des roches sous-jacentes; il aurait traversé l'île du N.-O. au S.-E. et déposé le tout à sa surface. Des lits de gravier, d'argile et de sable auraient été apportés et arrangés dans la portion submergée du pays. Plus tard, une seconde débâcle est supposée avoir eu lieu dans le même sens, mais elle a été moins forte; elle a façonné la surface du sol, telle qu'on la voit encore, et a produit les sillons des anciens blocs et des roches en place. L'auteur conçoit que, dans cette circonstance, la glace a dû jouer un rôle et sillonner les surfaces exposées au frottement. Une température plus basse aurait gelé l'Océan au nord-ouest, et la secousse qui a brisé la glace a pu produire en même temps un flot qui l'aura poussée et apportée vers l'Écosse. M. Smith distingue d'ailleurs, comme nous aurons occasion de le dire plus loin, deux parties dans le *till :* l'inférieure, argileuse et renfermant de gros blocs; la supérieure, plus fine, d'une teinte plus claire et ne présentant que peu de blocs ou des fragments de petites dimensions (4).

---

(1) *On the geology*, etc. Sur la géologie du Roxburghshire. *Proceed. roy. Soc. of Edinburgh*, n° 21, p. 399. 1843. — *Transact., id.*, vol. XV, 2e partie, p. 433.

(2) *Prize-Essays and transact. Highl. and agric. Soc. of Scotland*, vol. XI, 2e sér., vol. V, p. 417. 1837.

(3) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 33. 1846.

(4) Voyez aussi pour les débris erratiques des îles de Shetland : sir J. Hall, *Transact. r. Soc. of Edinburgh*. — Hibbert, *Edinb.*

Sur les côtes du Cumberland, au sud de l'Éden, la formation erratique a une épaisseur qui n'est pas connue, et les îles voisines de Low-Furness en sont entièrement composées. Des blocs du poids de plusieurs milliers de kilogrammes proviennent des chaînes cambriennes et du Lancashire. Ils sont enveloppés dans une sorte de limon, résultat de la désagrégation du nouveau grès rouge (*New red sandstone*). Sur certains points de la côte, des conglomérats de cette époque se distinguent à peine de ceux du nouveau grès rouge. Les blocs erratiques des montagnes cambriennes s'étendent sur les plaines du Lancashire méridional et du Cheshire ; on les voit à une grande élévation sur les collines qui séparent ce dernier comté du Derbyshire, et des débris moins volumineux se retrouvent encore sur les flancs de celles du Denbigshire (1). Le dépôt qui forme une bande étroite dirigée de l'E. à l'O. dans la vallée de la Calder se rattache probablement à la grande masse de *drift* qui occupe celle d'York (2). Angleterre.

Aux environs de Manchester, le diluvium est fort épais, et recouvre les divers étages du nouveau grès rouge. Il est composé vers le bas, dit M. J. Leigh (3), de blocs et de fragments de granite, de diorite, de porphyre argileux (*porphyry claystone*), de calcaire de montagne et de diverses roches de la formation houillère, enveloppés de sable, et à la partie supérieure, d'argile bleue, contenant des fragments arrondis des mêmes roches, mais plus gros.

Pays de Galles et comtés du centre.

Plus au sud, les couches carbonifères de Coalbrook Dale sont surmontées par un dépôt de gravier que M. J. Prestwich (4) divise en deux parties : l'une inférieure, composée de sable rouge, fin, avec des lits subordonnés de cailloux anguleux ou arrondis, provenant des roches adjacentes ; l'autre supérieure, qui renferme aussi des cailloux roulés des roches voisines, montre en outre des fragments de granite et d'autres roches anciennes, entourés d'un

---

Journ. of science, vol. VII. — De la Bèche, *Manuel géologique*, traduc. française, p. 215.

(1) A. Sedgwick, *On the new red sandstone*, etc. Sur la série du nouveau grès rouge, etc. (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 390. 1836). — *On the origin.*, sur l'origine des formations alluviale et diluviale. (*Ann. of philosophy*, avril, 1835, p. 243.)

(2) J. Travis Clay, *Rep. 12th Meet. brit. Assoc. at Manchester*, 1842 (Londres, 1843), p. 55. — *The Geologist*, n° 9.

(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 391.

(4) *On the geology*, etc. Sur la géologie de Coalbrook Dale. (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 460.)

sable rougeâtre, grossier, souvent mêlé d'argile. Des coquilles marines d'espèces encore vivantes y ont été recueillies. Ces dépôts se voient principalement au fond des vallées, ou sur leurs pentes; ils s'étendent parfois sur les plateaux, à 232 mètres au-dessus de la mer, et leur épaisseur, qui atteint jusqu'à 30 mètres, est réduite par place à moins de 1 mètre; ils manquent même tout à fait sur beaucoup de points.

Les travaux du chemin de fer de Birmingham à Gloucester ont permis de reconnaître dans le pays qu'il traverse ce que M. Strickland (1) a nommé *détritus fluviatiles* et *détritus marins*. Ces derniers, suivant leur origine, sont locaux ou erratiques, avec ou sans silex. Le gravier marin sans silex est très développé autour de Birmingham. A Mosely, où il a été coupé sur une épaisseur de 25 mètres, il est composé de cailloux roulés de roches granitiques, quartzeuses, de grès altérés, entourés de sable ferrugineux, et il repose sur les marnes rouges (*red marls*). Ce gravier atteint une élévation de 165 mètres, le long de la ligne du chemin de fer (2), et de 274 à Lickey, mais peut-être, sur ce dernier point, proviendrait-il du conglomérat du nouveau grès rouge et ne serait-il pas dû à la même cause.

Le gravier marin avec silex au sud-est de l'Avon, dans le Warwickshire et le Worcestershire, indique qu'un courant venait de la région crayeuse. Il est particulièrement développé à Bredon, où il recouvre le lias et ne renferme point de débris de mammifères non plus que le précédent. Le gravier fluviatile n'a été rencontré dans cette coupe que sur les deux rives de l'Avon, à Defford et Eckington. Il est semblable à celui de Bredon, mais on y a trouvé, avec des coquilles lacustres identiques à celles de Cropthorne dont nous parlerons tout à l'heure, beaucoup d'ossements de mammifères (*Elephas primigenius*, *Hippopotamus major*, *Bos urus*, *Cervus giganteus*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Hyœna spelœa*, puis les *Cyclas amnica* et *cornea*) (3).

M. Strickland a cherché à expliquer la présence des débris or-

---

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 313. — *Transact.*, *id.*, vol. VI, p. 553.

(2) C'est par erreur qu'au lieu de 544 et 900 pieds a. on avait écrit 387 et 587 pieds a. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 316.)

(3) Des ossements d'Éléphant et de Daim ont été trouvés sur les bords de la Stour, probablement dans le même gravier. (*Magaz. nat. history*, juin 1835.)

ganiques dans ce dépôt et leur absence dans le précédent, en supposant qu'après la formation du gravier marin le sol avait été émergé, qu'une grande rivière ou une série de lacs s'étendait au fond de la vallée de l'Avon à 7 ou 8 mètres au-dessus de son niveau actuel, et que le gravier, déposé d'abord dans la mer, avait été remanié par les courants d'eau douce et mélangé avec les débris des animaux qui vivaient dans le voisinage. Autour de Cheltenham, un gravier purement local, formé de débris roulés du lias et de l'oolithe des environs, mais sans ossements, paraît encore avoir une origine marine.

Dans un mémoire précédent, le même naturaliste avait déjà généralisé ses vues sur l'origine des divers dépôts meubles du centre de l'Angleterre (1). Il y avait reconnu deux époques distinctes. Les matériaux de la première époque constituent les dépôts marins (*marine drift*) et résultent de courants sous-marins, alors que la partie centrale du royaume était immergée. Ceux de la seconde (dépôts fluviatiles, *fluviatil drift*) ont été déposés par des rivières ou dans des lacs, lorsque tout ou partie de l'Angleterre était au dessus des eaux. M. Strickland distingue trois sortes de *drifts marins :* 1° le gravier erratique sans silex de la craie; 2° le gravier erratique avec silex de la craie: 3° le gravier en place. Le premier occupe le pays au nord et à l'ouest de l'Avon, le second se trouve particulièrement entre cette rivière et le pied des collines oolithiques. Les silex indiquent un courant venant de l'E., et le gravier sans silex un courant venant du N.; mais leur âge relatif n'est pas connu, faute de superposition; le troisième forme des plaques le long de l'escarpement de la formation oolithique dans le Warwickshire et le Gloucestershire. Il n'y a point non plus de superposition qui permette d'établir son âge par rapport aux deux premiers, et tous trois peuvent être regardés comme des effets différents dus à des modifications d'une cause générale. Nous verrons cependant qu'un autre géologue ayant reconnu que le *drift local* était recouvert près de Shrewsbury par le drift erratique du nord a pu en conclure la postériorité de ce dernier.

Les éléments des graviers fluviatiles et des graviers marins étant les mêmes, ces dépôts pourraient être facilement confondus, mais

(1) *On the Nature*, etc. Sur la nature et l'origine des diverses espèces de graviers de transport qui se trouvent en Angleterre. (*Rep. 7th Meet. brit. Assoc. at Liverpool*, 1837 (Londres, 1838), p. 61.

ils diffèrent les uns des autres par la position qu'ils occupent et par les corps organisés qu'ils renferment. Les atterrissements fluviatiles sont constamment en rapport avec les formes actuelles de la surface du sol. Ils recouvrent les pentes ou le fond des vallées, à une hauteur souvent déterminée au-dessus des cours d'eau (3 à 15 mètres), et les caractères de leur stratification indiquent en général un mode de dépôt tranquille. Ils contiennent des coquilles d'eau douce d'espèces vivantes, associées avec des ossements de mammifères éteints. Aucune relation n'a d'ailleurs pu être encore établie entre les dépôts marins et les dépôts lacustres, quoiqu'on les observe souvent à une très petite distance les uns des autres. Les graviers marins se trouvent à des niveaux plus élevés que les graviers lacustres.

Dans les parties des comtés de Hereford, de Salop et de Worcester qui sont occupées par le vieux grès rouge, les détritus de la surface du sol proviennent des roches voisines. En s'éloignant des chaînes de transition, le gravier devient de plus en plus fin, et montre, près de Tenbury, les caractères d'un dépôt lacustre ou fluviatile, dont les matériaux sont uniquement formés de débris du vieux grès rouge des environs. Sur ses limites, on rencontre de grands fragments de granite de diverses espèces, qui viennent du nord, et M. Murchison (1) attribue à trois causes différentes l'accumulation de ces couches meubles.

Le pays de Galles et l'ancienne Silurie n'offrent point non plus de ces débris de roches transportés de loin, et qui constituent ce que l'on a appelé *diluvium* dans d'autres parties de l'Angleterre. Tous les matériaux proviennent des roches siluriennes et des trapps des montagnes environnantes. La Severn borne ce drift à l'est, et l'auteur fait voir (2) que les détritus, charriés par les rivières qui s'y réunissent, changent suivant les chaînes que ces dernières traversent, et qu'en outre la grosseur des fragments est en rapport avec leur éloignement du point de départ. Il distingue aussi ces détritus étendus au fond des vallées, sur les pentes et quelquefois sur des points élevés, de ceux qui ont été transportés par les rivières. Dans aucun cas on n'a trouvé à l'ouest des fragments qui provinssent des roches de l'est.

Lorsque les roches siluriennes et plus anciennes furent émergées, une grande quantité de débris fins et grossiers fut entraînée

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 77. 1834.
(2) Murchison, *ibid.*, p. 230. 1836.

au bas des pentes; et, comme les roches sur lesquelles ces matériaux meubles ont été déposés étaient crevassées par les trapps, il y eut, pendant et après l'apparition de ces matières ignées, de grandes et successives élévations du fond de la mer qui portèrent les cailloux roulés aux diverses hauteurs où nous les voyons actuellement. Les rivières qui commencèrent alors à couler dans les bassins qu'elles parcourent aujourd'hui, en traversant les gorges des chaînes, ont transporté, à de petites distances, ces matériaux incohérents, auparavant accumulés par les courants sous-marins. Pour prouver que les matières charriées de chaque district dans cette région peuvent être rapportées à des dislocations purement locales, M. Murchison fait voir que, partout où les collines ont été élevées du N.-E. au S.-O., les lignes du drift sont dirigées dans le même sens, et que, lorsque la direction de ces dépôts meubles vient à changer, celle des roches change en même temps.

Les vallées du Pembrokshire étaient occupées par une série de lacs, dans lesquels les rivières apportaient les dépôts de cailloux, de sable et de vase. Le desséchement de ces *rivières lacs*, et la diminution des cours d'eau, réduits à leur état actuel, sont contemporains de l'élévation récente du sol, qui amena à la surface des portions voisines du fond de la mer, et ce sont ces dernières que recouvre ce que l'auteur appelle le *diluvium du nord* (*northern drift*) (1).

Nous soumettrons ici quelques observations au célèbre fondateur du système silurien, dont l'esprit élevé, toujours à la recherche de la vérité qui peut naître d'une discussion, a toujours été aussi au-devant de la critique. Celle-ci ne peut s'exercer d'ailleurs que sur des déductions théoriques ou spéculatives, car une profonde sagacité a trop constamment présidé à l'appréciation des faits pour qu'elle ait jamais donné lieu à une objection sérieuse.

Si les détritus locaux du pays de Galles et de la Silurie ont été déposés primitivement sous la mer, toute cette portion immergée de l'Angleterre a dû conserver des traces positives de son séjour sous l'eau; on doit trouver des dépôts marins coquilliers régulièrement stratifiés, soit continus sur toute l'étendue actuelle du pays et

(1) Cette expression, restreinte ici aux îles Britanniques et employée uniquement dans le sens que lui donne l'auteur, ne doit pas être confondue avec celle par laquelle nous désignons le *phénomène* ou la *formation erratique du nord de l'Europe*.

comblant les vallées du terrain de transition, qui sont d'une époque fort ancienne, soit entourant les points les plus élevés qui ont pu rester au-dessus des eaux et former des îlots dans cette mer. On conçoit que l'émersion du pays a pu occasionner des courants qui auront entraîné une partie de ces dépôts dans les vallées actuelles ; mais ne devrait-on pas en rencontrer des lambeaux plus ou moins nombreux dans les dépressions préexistantes émergées aujourd'hui ? C'est ce que l'observation n'a pas encore confirmé, tandis que les caractères sous-marins du diluvium du nord, postérieur aux détritus du pays de Galles, sont parfaitement tranchés.

D'un autre côté, le synchronisme des derniers phénomènes ignés de la Silurie et du pays de Galles avec la formation de ces détritus, ou de la cause avec l'effet, est-il réellement établi ? Ces roches pyrogènes ne sont-elles pas beaucoup plus anciennes que ces produits détritiques, et puis aussi est-il prouvé que l'âge des dislocations concorde avec la répartition de ces mêmes produits ? S'il en était ainsi, on devrait voir des détritus correspondants à chacune d'elle ; mais aucun dépôt caractérisé comme secondaire ou tertiaire n'existant dans cette région, il faudrait admettre ou que ces détritus représentent les sédiments de ces deux époques, ou que, s'ils sont seulement de l'époque quaternaire, les dislocations et les roches ignées qui les ont produites sont également quaternaires, ce qui n'a pas été démontré. Quant à la concordance des lignes du drift avec la direction des roches anciennes et avec celle des dislocations du sol, elle ne prouve pas nécessairement qu'il y ait entre elles les rapports supposés, mais seulement, ainsi que nous l'avons déjà dit pour les œsars, et que M. Murchison l'a remarqué lui-même (*antè*, p. 51), que les accidents ou le relief du pays, résultant de phénomènes fort anciens, ont nécessairement influé sur la distribution des matériaux meubles de la surface, à une époque infiniment plus rapprochée, et sans qu'il y ait eu pour cela aucune connexion réelle entre les causes qui les ont produits.

Le *diluvium du nord*, qui diffère de celui du pays de Galles et de la Silurie, s'étend, comme on l'a déjà vu, sur une grande partie du Lancashire, du Cheshire et dans le nord du Shropshire, en suivant les bords de la région précédente. Ses matériaux sont des granites, des porphyres et d'autres roches provenant du Cumberland, et peut-être de l'Écosse, puis beaucoup de sable et d'argile avec de petits cailloux variant suivant les districts. Il est caractérisé par de grands blocs venant aussi du nord, et placés à diverses hauteurs sur

les pentes des montagnes. Ces blocs sont surtout nombreux vers les points élevés entre Wolverhampton et Bridgenorth. Le dépôt se prolonge ensuite au sud à travers le Worcestershire, et se termine dans le gravier fin de la vallée de Gloucester. Aucun de ses fragments ne pénètre dans la région diluvienne du pays de Galles et de la Silurie, mais aux environs de Shrewsbury, certaines portions du drift local de cette dernière province sont recouvertes par l'argile et par les blocs du diluvium du nord, qui, d'après cela, doit être regardé comme plus récent.

M. Murchison pense que les blocs du nord ont été accumulés sous la mer, et il s'attache à démontrer que des courants n'auraient pas pu parcourir une étendue même de 50 milles, avec une force capable de transporter ces blocs, sans une différence de niveau qui serait énorme et démentie par les faits, puisque le pays de Galles, qui, dans ce cas, aurait dû être submergé, avait été soulevé immédiatement avant, comme le prouve la superposition dont on vient de parler. Le transport par les glaces flottantes, quoique admissible à certains égards, semble être contredit par cette raison que les blocs sont arrondis, usés, et diminuent de grandeur ainsi qu'en nombre en s'avançant du N. au S.; et en admettant que le dépôt de ces blocs ait eu lieu sous la mer, les différents niveaux auxquels on les trouve pourraient être expliqués par des mouvements d'élévation et d'abaissement inégaux du sol immergé, portant, à la hauteur qu'ils occupent aujourd'hui, les coquilles, le gravier et les blocs qui y ont été accumulés en même temps. Les brisures et les fissures que l'on observe auraient été produites alors, et les vallées qui séparent les points élevés seraient restées dénudées.

Nous ne nous appesantirons point sur les objections que peuvent soulever ces considérations théoriques, parce qu'à la fin de son célèbre ouvrage sur le système silurien sir R.-I. Murchison (1) est revenu sur ce sujet, et a modifié lui-même son explication du transport des blocs. Il y admet, en effet, comme cause efficiente principale, les glaces flottantes qui rendent mieux compte du phénomène, et il fait observer que le diluvium du nord, quoique recouvrant généralement le diluvium local, se mélange quelquefois avec lui, ce qui rend alors leur distinction fort difficile. Il reconnaît aussi deux dépôts de transport locaux, le premier résultant du

(1) *The silurian System*, etc. Le système silurien, etc., p. 509, in-4. Londres, 1839.

soulèvement des roches anciennes des parties élevées de la Silurie, le second, du soulèvement des divers bassins houillers; tous deux auraient été accumulés sous les eaux de la mer, comme le diluvium ou *drift du nord*, qui est venu plus tard.

D'après cet exposé, on voit qu'il y aurait des dépôts détritiques contemporains de la formation carbonifère ou peut-être même plus anciens, et d'autres de l'âge du nouveau grès rouge. Or, s'il en a été ainsi, conçoit-on qu'il n'y ait aujourd'hui aucune relation plus apparente entre ces accumulations détritiques, irrégulières et variables, et les couches synchroniques voisines des périodes carbonifères et du trias, qui sont si régulières, si parfaitement stratifiées et caractérisées? De ce que le drift a eu, dans la Silurie et le pays de Galles, une origine locale, la cause, continue M. Murchison, doit l'avoir été aussi; mais si la cause était locale, tout le pays n'était donc pas sous la mer, sans quoi on devrait trouver des résultats analogues à ceux que nous présente le diluvium du nord, et d'un autre côté, si tout le pays était immergé, on devrait apercevoir précisément les relations dont nous venons de parler, et qui ne paraissent pas exister.

Après avoir reproduit une partie des faits que nous avons déjà signalés, l'auteur conclut, de l'absence, dans la Silurie, de tous détritus transportés des parties environnantes de l'Angleterre, qu'aucun grand déluge, venant d'autres régions, ne l'a traversée depuis qu'elle a pris ses caractères orographiques et hydrographiques actuels. Nous verrons d'ailleurs plus loin que la *localisation*, si l'on peut s'exprimer ainsi, des détritus superficiels est un fait beaucoup plus général qu'on ne l'a cru pendant longtemps, tandis que le phénomène tel que nous l'avons étudié dans le nord de l'Europe, est en quelque sorte l'exception.

Dans les aperçus généraux auxquels le chapitre XXXVIII du *système silurien* est consacré, et où le savant auteur traite du *diluvium du nord* qui s'étend sur les contrées du centre de l'Angleterre, puis des dépôts *fluvio-marins* de la surface actuelle de la Silurie, nous n'avons pas vu indiquées quelques unes des conséquences auxquelles semble naturellement conduire la connaissance que l'on possède des limites de ces divers dépôts. Si, par exemple, les détritus du pays de Galles ne se continuent point à l'est, et sont bornés par la Severn, et, plus au nord, par la limite actuelle du nouveau grès rouge, la grande dépression qui plus tard forma un bras de mer et sépara le pays de Galles du reste de l'île était donc émergée, et le relief se trouvait être l'inverse de ce qu'il fut depuis, et de ce qu'il

est encore aujourd'hui. Sur la limite nord-ouest du pays de Galles au contraire, le relèvement qui a émergé la dépression centrale après le diluvium du nord a porté les coquilles de cette époque à une élévation supérieure à la hauteur moyenne du massif montagneux de toute la province (1).

Enfin, d'après M. Murchison, les lacs et les rivières qui succédèrent à la mer, dans le pays de Galles et la Silurie, formèrent des dépôts plus ou moins étendus. Des ossements de mammifères, dont les espèces sont éteintes, ont été trouvés dans les graviers, les fentes et les cavernes (daim, bœuf, hyène, rhinocéros, éléphant). Ces animaux vivaient sur les terres voisines, lorsqu'une partie de la vallée de la Severn était sous l'eau. Sur certains points ces débris ont été conservés dans des sédiments fluviatiles et lacustres tout à fait locaux, et sur d'autres dans les accumulations marines de détroit ou d'estuaire où ils avaient été entraînés.

Plus récemment M. A.-C. Ramsay, à la suite de considérations fort intéressantes *sur la dénudation du pays de Galles et des comtés adjacents de l'Angleterre* (2), a eu occasion de toucher la question qui nous occupe, mais il ne l'a point envisagée au point de vue chronologique, et, sans discuter ni même mentionner aucun des faits ou conclusions de son célèbre prédécesseur, il s'est borné à une appréciation pure et simple du phénomène physique de destruction des couches anciennes.

On trouve dans le Devonshire des accumulations de cailloux roulés, provenant des roches environnantes, avec des ossements d'éléphants et de rhinocéros. Elles recouvrent les collines et tous les plateaux, mais les cailloux sont plus roulés dans les vallées que sur les hauteurs (3). Toutes les vallées du sud, depuis l'Exe jusqu'à Devonshire.

(1) L'altitude des coquilles marines trouvées dans un gravier diluvien sur le Moel-Tryfan a été très diversement appréciée; J. Trimmer (*Proceed. geol. Soc. of London*, n° 22, p. 331, 1831) indique 1000 pieds; M. Murchison, *loc. cit.*, p. 528, indique 1750 pieds; dans la note de la même page, 1692 pieds, d'après M. Trimmer; sur la carte géologique de l'Angleterre, publiée en 1843, on trouve 1630 pieds; dans une communication à la Société géologique de Londres (*Proceed.*, vol. II, p. 230), il y a 1392, *ibid.*, vol. III, p. 683, 1500 à 1700 pieds; *ib.*, vol. IV, p. 96, 1600 pieds; enfin M. Buckland (*Proceed.*, *id.*, vol. III, p. 579) donne 1400 pieds.

(2) *Mem. of geol: Survey of great Britain*, vol. I, p. 332. 1846.

(3) C. Austen, *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 584. — *Transact.*, *id.*, vol. VI, p. 442.

Lyme-Regis, ont présenté des ossements. Le dépôt qui les renferme, sans affecter une stratification très régulière, a cependant une disposition horizontale distincte, et est composé de graviers et de lits de sable, comme ceux qui se forment aujourd'hui dans les estuaires. Leur position dans les dépressions du pays prouve qu'à l'époque où ces débris de mammifères y ont été entraînés, ces vallées étaient aussi profondes qu'elles le sont actuellement. Ce serait aussi l'époque du remplissage des cavernes à ossements, et M. Austen remarque que, bien que les espèces de grands pachydermes soient les mêmes, les individus trouvés dans les vallées sont généralement vieux et adultes, tandis que ceux des cavernes sont très jeunes.

De l'état non roulé d'une grande quantité de silex des environs de Lyme-Regis, de Sidmouth, de Charmouth et de beaucoup de parties des Black-Down, M. de la Bèche (1) a déduit que la craie dans laquelle ils étaient enveloppés, ayant été entraînée peu après sa formation, ils se trouvent encore aujourd'hui, à très peu près, à la place où ils étaient alors. Une argile jaune, mélangée de sable, entoure ce silex. Le savant géologue que nous venons de citer suppose que des couches de sable, de gravier et d'argile qui recouvraient ces dépôts et qui étaient les équivalents du *plastic clay*, ont été emportées en partie, et que ce qui reste encore en représente les lits inférieurs; mais l'identité de ces silex non roulés, ainsi que celle de l'argile jaune sableuse avec ce que nous verrons dans le nord de la France, où ces dépôts de l'époque quaternaire recouvrent également la craie dénudée, nous fait penser que ceux du Devonshire peuvent appartenir à la même époque. La superposition des lignites de Bovey à une couche assez semblable ne serait pas un argument contraire à cette supposition, puisque rien ne fixe l'âge de ces lignites. Il est possible en outre que des accumulations incohérentes, superficielles, et plus ou moins analogues, ne soient pas toutes du même âge.

---

(1) *Report on the geology*, etc. Rapport sur la géologie du Cornouailles, etc., p. 255 et 395, in-8. Londres, 1839. Voyez aussi: Ed. Budge, *On diluvial action*, etc. Sur l'action diluvienne démontrée par les lits de gravier et la formation syénitique de Crousa-Down. (*Roy. geol. Soc. of Cornwall*, 30th *ann. rep.*, p. 91. 1843.—J. W. Colenso, *Sur les mines alluviales d'étain à Pentuan* (*Transact. roy. geol. Soc. of Cornwall*, vol. IV, p. 29). — M. Henwood, *ib.*, p. 57. — M. Carne, *ib.*, p. 95. — J. Hawkins, *ib.*, p. 135 et 475. — J. Rogers, *ib.*, p. 481.

Les graviers, les sables et les argiles qui occupent la surface du Cornouailles, sont postérieurs au creusement des vallées, et aux dislocations qui les ont en partie produites. Le courant qui a charrié et déposé ces débris, paraît avoir eu une direction N.-S. Sur les points où le dépôt est assez épais et composé de plusieurs couches alternantes de limon, de sable et de gravier plus ou moins grossier, les lits stannifères qui ont été l'objet d'exploitations et de recherches nombreuses, semblent être constamment à la partie inférieure. Le long des côtes et dans les vallées qui y débouchent, on trouve, dans le même dépôt, des coquilles marines semblables à celles qui vivent sur les plages voisines. Ces sédiments sont recouverts par place d'un autre dépôt assez épais, mais de l'époque moderne. M. de la Bèche pense que les ossements de grands mammifères du Devonshire ne se montrent point à l'ouest au-dessus des lits stannifères, dans ceux par exemple qui renferment des coquilles marines, mais il ne paraît pas qu'on puisse rien conclure de cette circonstance, car nous verrons que, dans le Devonshire, ces mêmes coquilles sont associées à des débris de pachydermes et d'autres grands mammifères. Cornouailles.

M. Mantell (1) a divisé de la manière suivante les dépôts meubles ou incohérents qui remplissent les vallées de la craie et constituent le sous-sol de Brighton ainsi que la falaise située à l'est de la ville. Ce sont de haut en bas : 1° fragments de craie mélangés d'argile ocreuse renfermant des débris d'éléphants, de chevaux, de buffles et de daims; cette assise forme la plus grande partie de la falaise; 2° ancien promontoire de cailloux roulés et de galets de silex, associés à des débris de diverses roches primaires, secondaires et tertiaires; 3° sable reposant sur la craie. Des ossements de cheval trouvés dans l'assise n° 2 ont été reconnus identiques avec ceux de l'espèce vivante. Sussex.

A Maidstone des dépôts du même âge, situés à 25 et 30 mètres au-dessus de la rivière, sont composés, d'après M. J. Morris (2), de gravier avec des cailloux et des silex de la craie, au-dessus, d'argile, de sable et de gravier roulé, puis de sable terreux avec des nodules calcaires et des coquilles terrestres d'espèces vivantes, Kent, Surrey et Essex.

(1) *Remarks on the coffin bone*, etc. Remarque sur un os phalangien de cheval, trouvé dans le lit de gravier (*newer pliocene*) des falaises de Brighton. — Voyez aussi W. J. West, *Sur la présence d'ossements de Mammouth dans la vallée de la Medway*. (*The Geologist*, n° 7.)

(2) *Magaz. nat. hist.*, nov. 1836.

enfin d'une argile brune avec des débris de cheval, de bœuf, de daim et d'éléphant.

Dans sa *note sur les dépôts de la vallée de la Tamise, qui renferment des carnivores et d'autres mammifères* (1), le même savant a de nouveau signalé la présence de ces ossements dans beaucoup de localités déjà connues, telles que Brentfort, à 6 et 12 mètres au-dessus de la rivière; au pont de Kew et sur plusieurs points de la ville même de Londres; puis à Ilford (Essex), Veckham (Kent), Erith, Grays, Copford, Stutton, sur les côtes de Walton et d'Harwich, le long des vallées de la Stour et de la Medway, à Whitstable, Gravesend, Nine Elms, Levisham, Kingsland, etc. Partout ces dépôts ont les mêmes caractères; ce sont des alternats de gravier, de glaise ou terre à briques, de sable ferrugineux et coquillier. C'est particulièrement dans les bancs de sable que se rencontrent les ossements fossiles (rhinocéros, éléphant, hippopotame, cheval, bœuf, daim, élan d'Irlande, ours, hyène, lion et des rongeurs). Plus de 38 espèces de coquilles fluviatiles et terrestres dont deux seulement ne vivent plus, du moins dans le pays, sont associées aux débris de vertébrés. Les traces de végétaux y sont au contraire assez rares.

Plus à l'est, des ossements d'éléphant ont été trouvés par des pêcheurs, au fond de la mer, dans le détroit du Pas-de-Calais, ainsi que dans la mer d'Allemagne. Ils étaient perforés par des vers marins et couverts de Serpules. En 1837, dit M. J.-B. Martin (2), on retira de l'eau, à Ramsgate une énorme défense de ces grands pachydermes. Une autre, de 11 pieds de long, fut pêchée entre Boulogne et Dungness. Entre Douvres et Calais, il règne un bas-fond ou crête sous-marine formée par la craie et appelée le *varn.* Elle court parallèlement aux deux côtes et se prolonge dans la mer du Nord sous le nom de *over-falls* ou *galloper-sand.* Sur les flancs escarpés de ces petites chaînes sous-marines, il y a des goufres pro-

---

(1) *Ibid.*, 2e sér., vol. II, p. 539. 1838. — Voyez aussi : Spencer, *Observations on the diluvium*, etc. Observations sur le diluvium des environs de Finchley (Middlesex). *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 181. 1835.

(2) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 161. 1840. — *Proceed. id.*, vol. III, p. 138. 1839. — Voyez aussi : Ed. Charlesworth, *Sur une mâchoire inférieure de Mammouth*, *retirée en draguant sur le* dogger bank *près de Douvres.* (*Magaz. nat. hist.*, juillet 1839.)

fonds et des espaces intermédiaires recouverts de blocs de roches diverses et de vase. Quelques unes de ces masses sont de grands *septaria* sphériques, traversés par des veines de fer sulfuré et recouverts d'une croûte ferrugineuse régulière. C'est dans ces excavations sous-marines que se trouvent les ossements de mammifères, et jamais sur les hauts-fonds ou les crêtes. Une défense d'éléphant a été recueillie à la pointe de Goodwind-Sand, et un *fémur* à la demi-distance de Yarmouth à la côte de Hollande. On a rassemblé ainsi les débris de six ou sept éléphants dans cette partie du canal de la Manche, et l'on sait que dans d'autres directions, comme dans le canal de Bristol et sur la côte du Dorsetshire, des ossements semblables ont encore été retirés de la mer.

A Stanway (Essex) et aux environs, la plus grande partie de la formation erratique est composée de silex brisés de la craie. Les fragments de roches primaires ou cristallines s'y trouvent mêlés sous forme de blocs ou de cailloux roulés. M. J. Brown (1) y cite du granite, du gneiss, du micaschiste, des grauwackes, du quartz laiteux, du quartz grenu, de l'amphibolite, du schiste amphiboleux, divers porphyres, du basalte, du trapp, du pétrosilex, des brèches et des conglomérats fort anciens, dont quelques uns viennent de très loin. Il y a aussi des *cherts*, des schistes chloriteux, du grès vert et beaucoup de fossiles de la formation crétacée, changés en silex; le tout, enveloppé d'un sable ferrugineux de 11 mètres d'épaisseur environ, repose sur l'argile de Londres.

Suffolk, Norfolk et Cambridgeshire.

Dans le Suffolk et le Norfolk, le dépôt erratique contemporain de celui de l'Essex présente la même composition, quoique reposant sur le crag, et l'auteur pense que les débris de roches anciennes, regardés ordinairement comme venant des comtés de l'ouest, pourraient tout aussi bien venir du S.-O.; mais cette supposition nous semble tout à fait contraire à ce que l'on a observé jusqu'à présent.

M. W. R. Clarke (2) a divisé la formation erratique du Suffolk

(1) *A synoptical table*, etc. Table synoptique de quelques unes des substances minérales et des débris organiques trouvés dans le gravier de Stanway. (*Mag. nat. hist.*, juin 1835.) — *Os d'éléphant trouvés sur les bords de la Stour. Id., Ibid.*

(2) *Extracts from a memoir*, etc. Extraits d'un mémoire sur la structure géologique et les phénomènes du comté de Suffolk, etc. (*Trans. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 359. 1837. — *Proceed. id.*, vol. II, p. 528.)

en trois assises : l'*argile diluvienne*, le *gravier* et les *blocs erratiques*. L'argile qui recouvre une grande partie de ce comté, et qui s'étend ensuite à l'ouest et au sud, est souvent jaunâtre, mais le plus ordinairement bleue. Elle renferme des silex de la craie, soit en lits, soit disséminés, ce qui la distingue de l'argile de Londres (*London clay*) et de l'argile plastique (*plastic clay*). Ce dernier groupe tertiaire aurait fourni l'argile jaune, et le gault la variété bleue, si l'on en juge par les fossiles que l'on y rencontre. Parmi les blocs et les cailloux, l'auteur a reconnu 30 espèces ou variétés de roches, depuis le granite jusqu'au terrain tertiaire, et des fossiles de toutes les formations, entre autres les Trilobites de Dudley. Les graviers sont en général moins répandus que les argiles, quoique les recouvrant et alternant par place avec elles. Les silex de la craie sont les plus abondants de ces détritus; les roches primaires et de transition viennent ensuite; les cailloux secondaires et tertiaires sont les moins nombreux, probablement à cause de leur peu de dureté. Quant aux blocs erratiques, ce sont des granites, des porphyres, des basaltes, des calcaires, des grès de diverses formations, quelquefois d'un volume très considérable. Ils sont d'ailleurs de la même nature que les plus petits fragments et ont la même origine.

Les deux assises que M. J. Trimmer (1) a reconnues dans cette même formation erratique du Suffolk sont attribuées par lui à des courants énergiques et non à l'action longtemps continuée de la mer. L'assise supérieure est un sable ou limon ferrugineux avec des silex de la craie, des fragments de craie rouge et d'autres formations; l'inférieure est composée de débris de craie mêlés d'une quantité variable de matériaux argileux et arénacés. On n'y trouve point de fossiles autres que ceux des couches composantes.

Le nord-est du Cambridgeshire offre au-dessus de la craie un dépôt de transport dont la composition est très variée. Il renferme des masses roulées de diorite et beaucoup de fragments du terrain de transition; mais, comme dans les comtés voisins, ce sont encore les silex de la craie qui en constituent la plus grande partie. On y trouve, en outre, des Bélemnites, des Gryphées de l'argile d'Oxford et des ossements d'éléphant, de rhinocéros, d'hippopotame, de daim, de bœuf, de cheval, etc. Ces amas détritiques forment des collines sur les limites du Cambridgeshire et de l'Essex, et occupent une partie considérable du plateau qui s'étend sur les confins de

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 185.

l'Huntingdonshire. Un dépôt brunâtre qui, au nord de Cambridge recouvre le grès vert et le gault, paraît être plus récent que celui qui s'étend sur l'île d'Ely et que l'on nomme gravier blanc (*white gravel*). Ces détritus, fort répandus aussi dans le Buckinghamshire et le Bedfordshire (Leighton et Stewkley), sont, dit M. Fitton (1), un des faits les plus intéressants de l'est de l'Angleterre; mais leurs rapports entre eux et avec le crag offrent encore quelque incertitude (2). Nous verrons tout à l'heure quelles sont les tentatives qui ont été faites pour établir cette relation. Dans la partie occidentale du Norfolk, les marais, voisins des collines de craie nommées *marshland*, ont leur sous-sol composé de lits alternatifs de vase et de tourbe lacustre qui, près de Lynn, recouvrent une vase marine; le tout repose sur une argile avec des nodules de craie et semble être parallèle aux dépôts précédents. M. J. Mitchell, dans son *Mémoire sur le drift provenant de la craie et des couches sous-jacentes, dans les comtés de Norfolk, de Suffolk, d'Essex, de Cambridge, d'Huntingdon, de Bedford, de Hertford et de Middlesex* (3), a donné des détails fort étendus qui s'accordent avec les précédents, et il croit que les courants diluviens venaient du N.-E. Les matériaux transportés sont en partie d'origine scandinave et en partie dus à la destruction des roches qui occupaient la place de l'océan germanique actuel, hypothèse qui ne nous paraît pas être suffisamment justifiée. Une perturbation violente accumula les graviers après les argiles, et dans les comtés de Lincoln, de Leicester et du Yorkshire on peut suivre le prolongement du même phénomène.

Les falaises qui s'étendent du phare de Happisburgh à Weybourne, au nord-ouest de Cromer, sont, dit M. Lyell (4), composées de

(1) *On the strata below the chalk*, etc. Sur les couches inférieures à la craie, etc. (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 296 et 310. 1836.)

(2) « Les traces d'un pouvoir de transport par les eaux sont bien » plus évidentes dans le centre et dans le nord de l'Angleterre que » dans le Devonshire et le Dorsetshire, car le gravier a été trans- » porté à des distances beaucoup plus considérables, et il se trouve » mêlé à des blocs de grandes dimensions. » De la Bèche, *Manuel géologique*, traduc. française, p. 212.

(3) *Procced. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 3. 1838. — *Bull.*, vol. X, p. 160. 1839. — Voyez aussi : Sam. Woodward, *Outlines of the geology of Norfolk*, in-8 avec carte, pl. de coupes et de fossiles. Norwich, 1833.

(4) *On the boulder formation*, etc. (*Philos. Magaz.*, vol. XVI, n° 104. Mai 1840.)

deux sortes de dépôts. Le premier est le *drift* ou *diluvium*, le second est formé de *couches d'eau douce*. L'un et l'autre reposent sur la craie, et quelquefois un petit lit de crag marin dont les fossiles sont semblables à ceux de Norwich se trouve placé entre ces dépôts et la craie. Le diluvium, qui atteint jusqu'à 100 mètres d'épaisseur, est composé d'argile, de limon et de sable stratifiés par place. Des cailloux roulés, de gros blocs de granite, de porphyre, de diorite, du lias, de la craie et d'autres roches se montrent principalement dans les endroits non stratifiés. On y trouve des fossiles secondaires et tertiaires, mais aucun débris organique propre à fixer son âge.

Les couches lacustres sont généralement à la base du diluvium et immédiatement au contact de la craie, excepté lorsqu'il existe un lit de crag marin. Quelquefois, cependant, on les voit placées parallèlement au dépôt de cailloux et de sable, ou bien alterner avec lui. Les coquilles que l'on y rencontre sont partout les mêmes et, presque sans exception, identiques avec celles qui vivent encore en Angleterre. Ainsi, tous les dépôts de cette partie de la côte appelée *mud-cliff* appartiennent à l'époque quaternaire. Ils avaient déjà été décrits par M. Taylor, en 1827, et depuis, par M. Woodward et par M. Clarke.

M. Lyell compare le drift du Norfolk aux dépôts analogues du Danemark, de la Suède, de la Norwège et de toutes les parties que baigne la Baltique, aussi bien qu'à ceux du nord de la Russie, puis il fait remarquer (p. 347) que les blocs erratiques, surtout ceux de roches cristallines, diminuent en nombre et en volume depuis la Scandinavie jusqu'aux côtes de la Hollande, du Hanovre et de l'Angleterre. D'après le célèbre géologue, le transport des cailloux roulés a été effectué sous des eaux permanentes et non par des courants à la surface d'un sol émergé; aussi substitue-t-il le mot de *drift* à celui de *diluvium* pour tout ce qui n'est pas prouvé être d'eau douce. La partie de ce drift qui est composée d'argile et de limon non stratifiés ou *till* renferme souvent des blocs isolés. Le *till* n'est stratifié ni dans la Scandinavie, ni en Écosse, ni dans le Norfolk, ce qui peut impliquer une contemporanéité et une communauté d'origine sur ces divers points. Les éléments du drift sont les mêmes que ceux du *till*, et les deux dépôts ne diffèrent en réalité que par l'arrangement des matériaux. L'accumulation des matériaux non stratifiés est due, suivant l'auteur, au transport par les glaces, et les parties subordonnées, stratifiées résulteraient de l'action des cou-

rants pendant la fonte des glaces, lesquels auraient arrangé les matériaux au fur et à mesure de leur chute.

En décrivant la côte du Norfolk, de Hasborough à Weybourne, M. Lyell mentionne une forêt sous-marine surmontée de 10 à 100 mètres de diluvium, et dont les arbres sont encore à la place où ils ont vécu. Cette couche, visible à la basse mer, paraît avoir fourni des ossements de daim, de bœuf, de cheval, d'hippopotame, de rhinocéros et d'éléphant. D'après M. Woodward, un banc d'huîtres, situé sur un haut-fond à quelques milles en mer, serait le gisement principal de ces ossements fossiles. Les pêcheurs en tirent une si grande quantité de molaires d'éléphant, que l'on évalue à plus de 500 le nombre des animaux auxquels ces débris ont appartenu. On voit qu'ici les lits de sable et d'argile qui recouvrent la craie ont servi de sol à une forêt qui a été submergée et ensevelie par suite d'un abaissement, lequel se continua assez longtemps pour qu'au-dessus de cette forêt il s'accumulât un dépôt non stratifié d'une épaisseur considérable. Celui-ci a été émergé ensuite par un mouvement en sens inverse.

Entre Hasborough et Backton-Gap, la falaise présente à sa base le même banc de lignite ou forêt sous-marine de quelques pieds d'épaisseur, puis au-dessus le *till* argileux, bleu, avec des blocs de granite, de quartz et de petits fragments de coquilles du crag. Une argile bleue feuilletée repose sur le *till* et est surmontée par un sable jaune régulièrement stratifié. L'ensemble de ces diverses couches a une épaisseur de 10 à 12 mètres. Près de Cromer on voit, à marée basse, un lit de crag, de $0^{m},30$ à $0^{m},60$ d'épaisseur, reposant sur la craie ; au-dessus est une argile bleue feuilletée avec pyrites et ossements de mammifères, puis un lit de sable avec argile et quelques cailloux, renfermant beaucoup de débris de vertébrés (éléphant, rhinocéros, cheval, bœuf, daim, etc., avec des bois de conifères, peut-être du *Pinus abies*, espèce du Nord qui n'est point indigène en Angleterre). Le lignite abonde dans ces couches, qui sont bien stratifiées, horizontales et surmontées de 20 mètres de sable jaune, blanc, argileux et de masses de craie et de cailloux. Entre Cromer et Sheringham, on voit de nombreux plissements où les couches du drift se contournent autour de massifs crayeux plus ou moins considérables.

Il résulte de l'étude de ces falaises que le crag, le calcaire lacustre ou bien le drift reposent sur la craie, les deux premiers dépôts étant discontinus, et le dernier, au contraire, fort constant. Le crag, par ses fossiles, se rapporte au crag de Norwich (formation

tertiaire supérieure). Dans les couches d'eau douce, sur 19 espèces de coquilles il n'y en a que 2 qui ne vivent plus en Angleterre, et ces dépôts sont du même âge que ceux de Stutton (Suffolk), de Grays (Essex), de Cropthorn (Worcestershire), etc. Un certain nombre de ces coquilles fluviatiles ont été trouvées associées aux coquilles marines du crag de Norwich.

Le drift, par la position qu'il occupe, doit être regardé comme plus récent que le crag de Norwich et que les couches lacustres de Roughton et de Sidestrand; mais, d'un autre côté, la coupe de Mundesley semble prouver qu'en cet endroit le dépôt a été contemporain des couches lacustres. Quant à son origine, l'auteur reconnaît qu'elle est d'une explication difficile, mais les caractères fluvio-marins du crag de Norwich impliquent l'existence d'un grand estuaire où se rendaient plusieurs rivières; une partie de la plage immergée aurait été changée en terre basse ou en marais, soit par l'élévation, soit par voie de comblement. Les bois auront pu végéter alors sur ce nouveau sol, tandis que sur d'autres points les sédiments lacustres se seront déposés dans des marais et dans des lacs. Une période d'abaissement graduel survint, les bois furent submergés, et les couches lacustres et le crag, qui reposaient sur la craie, furent recouverts par le drift. Celui-ci s'est accumulé successivement; mais, comme on l'a dit, il ne renferme pas de fossiles qui indiquent positivement s'il est d'origine marine ou lacustre. La plus grande partie de ses éléments vient des pays environnants, et l'on y trouve aussi de gros blocs dont le point de départ est fort éloigné. Ces caractères de la formation erratique se prolongent d'ailleurs dans le Cambridgeshire où l'argile brune du *till* renferme de gros blocs anguleux. Le *till* seul atteint parfois jusqu'à 100 mètres d'épaisseur, et se retrouve sur beaucoup de points de cette partie orientale de l'Angleterre.

D'après M. Lyell les glaces flottantes ont été un des agents qui, sur les côtes des îles Britanniques et sur celles de la Scandinavie, ont le plus contribué à l'accumulation de ces matériaux. Tandis que ces glaces apportaient des blocs du nord, d'autres détritus étaient charriés sur le même fond des pays environnants, comme on le voit aujourd'hui pour les blocs amenés des côtes du Labrador dans le golfe Saint-Laurent, où d'autres fragments de roches, du menu gravier et du sable, pris dans la glace, sont aussi abandonnés chaque hiver par les rivières qui y débouchent. La partie du Canada où ces accumulations se forment encore, étant à la même latitude que le Norfolk, on conçoit qu'il n'est pas néces-

saire, pour expliquer le transport du drift par les glaces, de recourir à une température plus basse que celle du nord de l'Amérique. Conformément à l'opinion que nous avons vue exprimée par M. Mitchell, l'auteur pense qu'il ne faut pas toujours aller chercher au loin l'origine des matériaux du drift, et qu'il serait possible que les roches d'où ils proviennent eussent été détruites dans le voisinage ou eussent été submergées ; mais la disposition des bassins secondaires et tertiaires ne permet guère de supposer l'existence de roches cristallines anciennes dans la partie de la mer du Nord qui sépare la Hollande et le Danemark de l'Angleterre ; aussi, comme nous l'avons déjà dit, cette hypothèse nous paraît-elle peu fondée.

Quant aux dislocations des couches de la côte, soit de la craie, soit des dépôts qui la recouvrent, elles peuvent être attribuées d'abord à un mouvement d'élévation et d'abaissement tels que ceux qui ont occasionné les inclinaisons et les dislocations dans beaucoup d'autres cas, puis à la chute de portions de falaises ou de bords de rivières, et enfin au choc de montagnes et d'îles de glaces. Ces trois causes, ayant pu agir aussi successivement sur les mêmes points, auront compliqué les effets que nous observons.

M. Ch. Green (1), qui a décrit également la formation erratique du Norfolk et particulièrement les environs de Backton, a confirmé les observations de ses prédécesseurs, et M. J. Trimmer (2) paraît avoir constaté qu'à Ruton les couches lacustres sont recouvertes par un lit régulier de crag. C'est jusqu'à présent le seul exemple connu de cette interversion ; mais peut-être n'est-elle que le résultat, à l'époque du drift, d'un remaniement postérieur des fossiles du crag.

L'auteur fait remarquer que le *till* ou argile bleu, ressemble beaucoup à celui de la côte septentrionale du pays de Galles et de l'est de l'Irlande, sauf la nature des fragments de roche qui y sont disséminés. Parmi les blocs de l'argile du Norfolk, il a constaté qu'il y en avait de striés et qu'il en était de même dans le Caernarvonshire. Les dépôts argileux de ces diverses localités paraissent être du même âge et avoir une origine commune ; mais dans le Norfolk ils

---

(1) *The history*, etc. Histoire, antiquités et géologie de Backton. Norwich, 1842.

(2) *On the northern drift*, etc. Sur le drift du nord de la côte de Norfolk, entre Weybourne et Happisburgh. *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 435. 1844. — *Quart. Journ. id.*, vol. I, p. 153. 1845.

sont extrêmement contournés, par suite de mouvements en rapport avec le dernier soulèvement de la côte orientale, tandis que sur les côtes nord du pays de Galles on n'aperçoit pas de dislocations.

Nottinghamshire. D'après M. T. Bailey (1), les graviers des environs de Basford n'auraient point été accumulés par une action fluviatile ou toute autre cause agissant uniformément pendant une longue période, mais par un mouvement violent, lorsque le relief du sol différait de ce qu'il est aujourd'hui. Les matériaux auraient été transportés de pays situés entre le N. et le N.-E. On n'y trouve d'ailleurs que des végétaux provenant de la formation houillière, mais point de coquilles marines ou lacustres.

Yorkshire. Les Holderness, pays bas et marécageux qui borde la côte du Yorkshire, de Flamborough à l'embouchure de l'Humber, sont occupés par des dépôts de sable, d'argile et de cailloux roulés. M. J. Phillips (2) a fait voir que près d'Hedon ces couches renfermaient, outre des fossiles des terrains secondaire et plus anciens du pays, des coquilles assez nombreuses qui toutes vivent encore sur la plage. Les mêmes graviers diluviens enveloppent des dents et des défenses d'*Elephas primigenius*, de cheval, de bœuf et de daim. Les coquilles précédentes avaient fait rapporter à tort ce dépôt au crag, mais nous verrons que, depuis les observations de M. Phillips, de nouvelles recherches ont fait découvrir dans ce district une couche de l'âge du crag supérieur.

Dans la vallée d'York, et recouvrant le nouveau grès rouge (p. 142), on peut distinguer trois sortes de dépôts de transport. Celui qui est composé de sable et de gravier, et dans lequel dominent des grès et des calcaires provenant des montagnes situées à l'ouest, renferme principalement des débris d'éléphant, de rhinocéros, de bœuf, de daim, de cheval, etc. Sur plusieurs points, les accumulations détritiques sont recouvertes par des couches avec coquilles lacustres. Le gisement le plus remarquable de mammifères associés avec des coquilles fluviatiles et terrestres d'espèces vivantes est celui de Bielbecks, près de Market-Weighton. 7 espèces de vertébrés (*Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Bos urus antiquus*, cerf, cheval, *Felis spelæa*, loup, sont associées à 13 espèces

(1) *On the gravels deposits*, etc. Sur les dépôts de graviers, etc. *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 411.

(2) *Illustration of the geol. of Yorkshire*, part. I, p. 19 et 139. 2e édit., 1835.

de coquilles terrestres et lacustres, vivant toutes aux environs.

Les courants diluviens qui ont parcouru le sol de l'Irlande vinrent du N.-O., après l'apparition des basaltes. Les collines, formées de matériaux meubles, ont la même direction que les filons de trapp, et cette direction, suivant M. J. Bryce (1), aurait été générale dans toute l'étendue des îles Britanniques. Dans le comté de Kerry, dit M. Weaver (2), des amas de cailloux roulés, de gravier, de sable plus ou moins mélangés d'argile et provenant des montagnes de transition, entourent la base de ces dernières, s'élèvent sur leurs flancs et pénètrent dans les gorges et les défilés, à la limite des systèmes silurien et carbonifère; les caractères du diluvium participent de ceux des roches de l'un et de l'autre. On observe encore des dépôts semblables dans l'intérieur du pays occupé par la formation carbonifère, et il en est de même dans les comtés de Tipperary, de Limerick et de Cork. Aucune des roches trouvées parmi ces détritus n'est étrangère à l'Irlande, et la plupart même se rencontrent dans le voisinage plus ou moins immédiat du lieu où on les observe aujourd'hui. Irlande.

Dans le comté de Londonderry et dans les comtés adjacents, les observations de M. Portlock (3) ont constaté que lorsque les gros blocs, le gravier fin et l'argile graveleuse sont mélangés, il en résulte une masse confuse, et qu'au contraire, lorsque le gravier, le sable et l'argile forment des lits distincts et alternes, les blocs se trouvent isolés à la surface. Les caractères physiques du pays, quand les sables et le gravier se sont déposés, étaient à peu près les mêmes qu'aujourd'hui, et ces accumulations seraient plutôt le résultat de dénudations et de transport par l'action des eaux que par celle des glaces flottantes ou des glaciers.

Près de Bally-Gawley, cependant, en suivant la limite méridionale du vieux grès rouge, on remarque des digues de gravier, dirigées N.-O., S.-E., qui sont usées et arrondies sur leurs arêtes, et qui, à l'intérieur, sont composées de lits de sable et de gravier alternant. Cette disposition, que l'on rencontre aussi sur d'autres points, prouve qu'un dépôt régulier, au fond des vallées, a été sillonné plus

(1) *Journ. geol. Soc. of Dublin*, vol. I, part. Ire. — *L'Institut*, 31 mai 1834. — *Bull.*, vol. V, p. 258. 1834.

(2) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 67. 1836.

(3) *Geological report*, etc. Rapport sur la géologie du comté de Londonderry, etc., p. 630, in-8, avec carte et planches de coupes et de fossiles. Dublin, 1843.

tard et excavé par place. Sur la partie plate, à la base du Sliève-Gallion, près de Lough-Fea, il y a encore des accumulations de matériaux meubles semblables à celles de Stranagalwilly. Elles paraissent avoir une grande épaisseur et atteignent une élévation remarquable. Dans les paroisses à l'est de Derry, le long de la Bann, les détritus forment de nombreuses traînées partant de chaque colline basaltique et dirigées du N. au S. Les cailloux et le gravier sont principalement composés de basalte du voisinage. Ces traînées paraissent avoir été produites par un courant venant du N. et d'origine fluviatile, qui ne s'étendait pas au-delà des collines continues (*eskers* ou *eskars*) de l'ouest du Tyrone, lesquelles sont probablement dues à l'extension du diluvium marin. Quant aux blocs erratiques, arrondis ou anguleux, souvent d'un volume très considérable, on les trouve disséminés sur beaucoup de points. Ce sont des roches cristallines du pays et dont le transport est attribué par l'auteur à des glaces flottantes.

La distribution générale des blocs erratiques en Irlande semble indiquer qu'ils ont été transportés du N.-O. au S.-E. Le drift est composé de calcaires roulés et de matières argileuses provenant des grands massifs calcaires qui occupent les deux tiers de l'île. Les cailloux de toutes les dimensions sont arrondis, mélangés d'argile, de gravier fin, rarement de sable siliceux. Cette masse, qui atteint jusqu'à 30 mètres d'épaisseur, remplit toutes les vallées, pénètre dans les chaînes de montagnes et s'y élève à plus de 300 mètres au-dessus de la mer.

La direction des chaînes, dit M. Griffith (1), étant N.-E., S.-O., ou à angle droit avec la direction supposée des courants, les dépôts de sable et de gravier s'appuyent contre leur versant nord-ouest. Ils pénètrent de ce côté dans les vallées intérieures, et quelquefois ils passent à l'est, en traversant les chaînes, lorsque celles-ci n'étaient pas trop élevées. A la surface du dépôt et paraissant en être indépendants, on trouve souvent des blocs de granite et de conglomérat rougeâtre. Ces granites, dont le point de départ est facile à retrouver, ont été transportés du N.-O. au S.-E., à travers une grande partie de l'île. Malgré cette disposition générale, on doit remarquer que, dans le comté de Sligo, les deux chaînes parallèles d'Ox et de

(1) *On the distribution*, etc. Sur la distribution des blocs erratiques en Irlande. (*Rep.* 13th. *Meet. brit. Assoc. at Cork*, 1843, p. 40. — *Arch. f. miner. de Karsten*, vol. XVII, p. 388-420. 1843.

Curlew, ainsi que les vallées qui les entourent, montrent des preuves de l'existence de courants venant du S. et non du N.-O. comme pour les autres districts.

§ 2. Dépôts lacustres.

Après le phénomène général du striage et du polissage des roches en place, dont nous traiterons plus loin, il s'était déposé sur ces roches des argiles, des sables et quelquefois des graviers mélangés de coquilles. Si dans beaucoup de cas ces dépôts coquilliers ont immédiatement succédé au phénomène des stries, dans d'autres on les voit séparés des roches en place par un dépôt meuble plus ancien. Ce dernier, tantôt coquillier comme le précédent, renferme des ossements de grands mammifères (*till* du Ayrshire), tantôt dépourvu de fossiles, s'étend le long des vallées de l'Écosse, semblable à des lignes de fortifications. La formation erratique que nous venons d'étudier, et qui a succédé aux couches fossilifères marines, en est quelquefois assez distincte, mais souvent aussi, comme dans le sud de l'Angleterre, la présence de coquilles et de débris de grands mammifères dans des accumulations détritiques qui ne sont point recouvertes, ne permet pas d'établir, qu'en général il y a eu cessation de continuité ou interruption brusque des dépôts, à un moment donné, sur toute l'étendue occupée par les sédiments quaternaires des îles Britanniques; nous n'y voyons, avec M. Murchison, que des oscillations irrégulières, que des mouvements du sol, partiels, successifs et inégaux. De là, l'enchevêtrement d'effets très variés et la difficulté de limiter exactement aujourd'hui l'espace dans lequel chacun de ces phénomènes s'est exercé et le temps qu'il a duré.

Mais comme l'ensemble de tous ces effets partiels a eu pour résultat final d'amener successivement au dessus de la mer des portions immergées du sol, on conçoit qu'il se formait des lacs dans les dépressions, au fur et à mesure de cette émersion. De plus, les mouvements étant inégaux et non synchroniques, les dépôts qui se sont accumulés dans les plus anciens de ces lacs peuvent être contemporains de certaines couches marines émergées plus tard. C'est pourquoi nous allons trouver dans les sédiments lacustres des débris nombreux de mammifères, qui sur d'autres points se montrent également associés à des coquilles marines. Il a pu exister sans doute des lacs à l'époque des premières couches marines, mais en général

les dépôts d'eau douce paraissent être plus récents et se lier d'une manière plus intime, surtout dans les comtés de l'est de l'Angleterre, à la formation erratique, dans laquelle on trouve encore les débris des grands mammifères qui caractérisent cette époque.

Worcestershire. M. H. E. Strickland (1) a signalé près de Cropthorne des ossements d'hippopotame, de daim, et peut-être de bœuf, recouverts par des lits horizontaux de sable et de gravier. Sur 23 espèces de coquilles fluviatiles et terrestres associées à ces ossements, 2 seulement paraissent éteintes : ainsi, comme le dit l'auteur, les animaux élevés auraient éprouvé des modifications plus profondes que les animaux inférieurs, proposition qui se trouvera de plus en plus justifiée par la suite.

Devonshire. D'après M. R. A. C. Austen (2), les forêts sous-marines de Torbay et d'autres points de la côte méridionale du Devonshire reposent sur une vase lacustre avec *Paludina impura*. Dans presque toutes les vallées du pays on trouve des alluvions à des niveaux beaucoup plus élevés que celui où atteignent les eaux dans leurs plus grandes crues. Il y en a de nombreux exemples dans les vallées de la Dart et de la Teign. Ce sont des lits horizontaux de sable, d'argile et de fragments un peu arrondis qui, entre Bovey et Kingsteinton, renferment des ossements de sanglier, de bœuf et de daim.

Comtés de l'est de l'Angleterre. M. J. Brown (3) a donné une première notice sur un dépôt lacustre à Copford, près Colchester (Essex), où des lits de marne calcaire blanche et de sable ferrugineux avec *Cyclas rivicola*, *Valvata piscinalis*, des Planorbes et des Paludines qui vivent encore dans les marais des environs, puis des ossements de bœuf et de daim, sont recouverts par un dépôt de transport diluvien. Plus tard, le même géologue (4) est revenu sur cette localité, et a fait connaître, vers le bas de la coupe, une argile bleue, rapportée au dépôt que nous avons appelé *till* en Écosse. Cette argile passe à un gravier sableux avec des fragments de basalte, de roches secondaires et beaucoup de débris de coquilles et de poissons des formations jurassique et crétacée. Au dessus vient un lit de tourbe avec un grand nombre de coquilles fluviatiles et terrestres, puis un second lit d'argile avec les mêmes coquilles et de nouvelles couches de

---

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 95 et 111.
(2) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 437.
(3) *Magaz. nat. histor.*, vol. VII, p. 436, septembre 1834.
(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 164.

tourbe également coquillières. Sur le côté opposé de la coupe, une marne calcaire blanche, coquillière, renferme aussi des os d'éléphant, de bœuf et de daim. Elle est recouverte par un lit de tourbe que surmonte une couche d'argile bleue avec coquilles lacustres. A Grays, près Purfleet et à Southend (1), sont des dépôts semblables aux précédents et à ceux qu'avaient déjà indiqués MM. Charlesworth et S. Wood (2).

D'après l'étude qu'ont faite MM. S. Wood et G. Sowerby des coquilles fluviatiles et terrestres des couches lacustres du Norfolk, du Suffolk et du bassin de la Tamise, il résulterait que la proportion des coquilles récentes y est beaucoup plus grande que dans le crag de Norwich (cette proportion étant de 90 à 95 0/0), et que ces dépôts doivent être placés dans l'époque quaternaire comme ceux de Stutton, de Grays, d'Ilford près Londres, où l'on trouve aussi fréquemment des débris de mammifères (3).

Les poissons de Mundesley (Norfolk), déterminés par M. Agassiz, appartiennent à des espèces distinctes des poissons d'eau douce décrits jusqu'à présent. Ils font partie d'une faune qui ressemble davantage à la faune actuelle qu'à toute autre. M. Lyell (4) a trouvé des débris semblables à Runton près Cromer, où, comme à Mundesley, ils sont associés à des coquilles lacustres toutes d'espèces vivantes. Les couches de cette dernière localité se composent de sable gris, de limon brun ou noir mélangé de matières végétales et de silex roulés, le tout passant à une sorte de tourbe pyriteuse recouverte par 3 ou 4 mètres de gravier. Ce dépôt irrégulier, discontinu, semble appartenir au même niveau que la forêt sous-marine de Weybourne, et être subordonné à la grande masse de cailloux roulés du drift. Sur 11 coquilles lacustres qu'on y a recueillies, une seule la *Paludina minuta* Strick. (P. *marginata* Mich.) ne vit plus dans le pays. On y a trouvé de plus des élytres de deux espèces de *Donacia*, 2 espèces de Harpales et un *Copris* dont les analogues

---

(1) *Magaz. nat. history*, vol. IX, p. 261. 1836. — *Ibid.*, *nov. ser.*, vol. II, p. 539.

(2) *Ibid.*, vol. VII, p. 274. — W. B. Clarke, *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 528. — *Transact. id.*, vol. V, p. 359. 1837.

(3) Lyell, *On the relative age*, etc. Sur l'âge relatif des dépôts tertiaires communément appelés *crag*, etc. *Magaz. nat. history*, vol. III, p. 313. 1839.

(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 362.

vivent en Angleterre, puis des poissons des genres perche, carpe, brochet et truite, des cornes d'élan, etc.

Au-delà de Cromer les couches d'eau douce renferment encore les mêmes coquilles. Elles reposent sur la craie et çà et là sur de petites plaques de crag supérieur. Elles sont recouvertes par un diluvium de 20 mètres d'épaisseur, et, de 12 espèces de coquilles lacustres qu'on y trouve, une seule, la *Cyclas* ou *Pisidium amnicum* n'a pas pu être identifiée avec celles qui habitent encore sur les lieux mêmes.

Près de Cambridge, les mollusques sont associés à des ossements de mammifères éteints. Ce sont 6 espèces de coquilles terrestres, 14 espèces fluviatiles, dont 3 n'ont peut-être plus leurs analogues vivants, et 1 Cyclade nouvelle. Les ossements ont appartenu à des éléphants, des bœufs, des cerfs et des daims. Aux environs de Maidstone (Kent), d'Ilford (Essex) et dans le Wiltshire, dit M. P. Brodie (1), il existe des associations semblables. Dans le Cambridgeshire il paraît exister deux lits, distincts par les coquilles qu'ils renferment. M. Sedgwick (2) a décrit aussi le grand dépôt d'argile brune des environs de Cambridge dont nous avons déjà parlé, puis le gravier siliceux, d'épaisseur très variable qui vient au dessus. Les lits de sable subordonnés à ce dernier renferment des coquilles fluviatiles et terrestres, semblables à celles qui vivent aux environs, et près de Barnwell ; on y voit associés de nombreux ossements de mammifères (éléphant, rhinocéros, hippopotame *Bos giganteus?* cheval, etc.). Peut-être la poudre siliceuse blanche et très fine qui paraît provenir de la décomposition de myriades de conferves, et signalée par M. Bowman (3) sous une tourbière du Lincolnshire, appartiendrait-elle encore à cette époque, comme les couches lacustres de la vallée d'York que nous avons mentionnées (*antè*, p. 86).

§ 3. Dépôts coquilliers marins et plages soulevées (*raised beachs*).

ÉCOSSE. M. Jameson (4) qui avait signalé, sur les bords du Firth de Forth et de la Clyde des gisements de coquilles modernes, situés à une

(1) *Transact. phil. Soc. of Cambridge*, vol. VIII, p. 1. 1838.
(2) *Rep.* 15[th] *Meet. brit. Assoc. at Cambridge*, 1845 (London, 1846), p. 43.
(3) *Transact. geol. Soc. of Manchester*, vol. I, p. 141. 1840.
(4) *Soc. Wern. d'hist. nat. d'Édimbourg*, 7 février 1835. — *L'Institut*, 5 août 1835.

grande élévation au dessus du niveau actuel des eaux, a rappelé que ses premières observations sur ce sujet remontaient à l'année 1806. Les recherches de Mac-Gregor sont de 1811, et celles de M. Laskey de 1814. Ce dernier mentionna dans ces couches 22 espèces de coquilles qui vivent encore dans le golfe de la Clyde au dessous de Dunbarton. MM. Fleming, Bald, Adanson, Blackadder, Maclaren (1) et Thomson (2), publièrent ensuite, à diverses époques, les résultats de leurs observations sur les mêmes dépôts (3).

M. W. J. Hamilton (4) a donné la description d'un lit de coquilles marines récentes près d'Élie, sur la côte méridionale du Fifeshire, et M. J. Smith (5) des indications sur les changements de niveau relatif de la terre et de la mer dans l'ouest de l'Écosse. Un soulèvement du sol s'est manifesté avant la construction des forts vitrifiés, des *tumuli*, et l'arrivée des Romains dans le pays. Des coquilles, dont les espèces vivent encore sur les côtes voisines, se trouvent à 22 mètres d'altitude sur les bords du Firth de Forth, à Helinsburgh, Loch-Lomond, sur les deux rives de la Clyde, etc., et nulle part on n'y voit associés de débris de l'industrie humaine.

Sur la côte du golfe de Murray, une élévation de 2 à 4 mètres au dessus de la mer a été constatée par M. J. Prestwich (6), qui a reconnu l'existence d'un banc de coquilles récentes. Dans une note précédente, le même géologue avait rapporté au lias des couches d'argile endurcie et de sable renfermant des fossiles de ce groupe ; mais, depuis, il a trouvé qu'à Blackpot et à Gamerie ces mêmes couches, avec des fossiles du lias, contenaient aussi des cailloux roulés de roches plus anciennes, et qu'un banc de sable, subordonné aux lits d'argile et de gravier, était rempli de coquilles d'espèces encore vivantes (*Astarte scotica*, *Tellina tenuis*, *Buccinum undatum*, *Natica glaucina*, *Fusus turricula*, *Dentalium dentalis*, etc.). Ce dépôt, dont l'épaisseur totale est par place de 76 mètres, et qui s'élève à 106 mètres au dessus de la mer, paraît résulter d'une dénudation

(1) *The Scotman*, Journal, 1835.
(2) *Records of general science*, etc.
(3) *Mém. de la Soc. Wern. d'Édimbourg*, vol. IV et V.
(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 180. 1835.
(5) *Ibid.*, p. 427.
(6) *On some recent elevations*, etc. Sur quelques élévations récentes de la côte du Banffshire, etc. *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 545. — *Bull.*, vol. IX, p. 97, 1838.

du lias et des couches plus anciennes et s'être accumulé graduellement.

M. J. Smith qui, comme on l'a vu, s'était déjà occupé des sédiments coquilliers peu anciens de l'ouest de l'Écosse, est revenu sur ce sujet dans plusieurs communications successives (1). Ce naturaliste distingue deux assises : l'inférieure appelée, *till*, est une argile dure, non stratifiée, contenant des fragments de roche disséminés, des blocs erratiques, mais peu de débris organiques (quelquefois des os de cerf et d'éléphant à Kilmarnock, et des os d'éléphant avec des coquilles marines à Kilmaure, dans le Ayrshire) ; l'assise supérieure est composée d'argile finement feuilletée, recouverte de sable et de gravier. Des coquilles marines, d'espèces vivantes, s'y montrent partout, mais principalement dans la partie argileuse. Sur les deux rives de la Clyde, de Glasgow à Rosemath et Greenock, ces assises sont à 10 et 12 mètres au dessus de la mer. A cette même hauteur, sur les bords du canal de Glasgow à Paisley, 26 espèces de ces coquilles ont été recueillies. En creusant un étang près de Paisley, on a rencontré un lit d'argile colorée en violet par la décomposition des coquilles de *Mytilus*. Auprès de Renfrew, ce sont les Pectoncles qui abondent. A Johnstown, on a trouvé, en faisant un puits, des os de poissons et d'oiseaux de mer, des plantes marines, des pattes de crabes et de nombreux lits de coquilles, dans le sable et l'argile qui recouvrent le *till* ou assise inférieure de plus de 20 mètres de puissance.

L'origine de cette dernière assise est attribuée par l'auteur à l'action violente et momentanée d'un grand cours d'eau, et l'assise supérieure se serait formée graduellement au fond de la mer, d'où elle aurait été portée au niveau qu'elle occupe aujourd'hui par le même agent qui s'est manifesté sur les côtes de la Scandinavie.

Dans son *Mémoire sur les climats de la période tertiaire* (*newer pliocene*), M. J. Smith (2) a fait connaître que beaucoup de co-

(1) *On the relative age*, etc. Sur l'âge relatif des dépôts tertiaires et post-tertiaires du bassin de la Clyde. *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 149. 1839. — *Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 153. 1841. — *Proceed. roy. Soc. of Edinburgh*, n° 15, p. 263. 1839. — *Rep.* 10[th] *Meet. brit. Assoc. at Glasgow*, 1840, p. 94.

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 118. 1839. — *Mém. Soc. Wern. d'Édimbourg*, vol. VIII.



quilles de l'assise supérieure étaient identiques avec celles que l'on a depuis longtemps signalées à Uddevalla, et il a été amené à conclure, du caractère arctique des testacés, que le climat de l'Écosse, pendant l'accumulation de ces couches était plus froid qu'aujourd'hui. Les coquilles vivant encore, mais sous une latitude plus septentrionale que celle de l'Écosse, et qui ont été recueillies dans les dépôts des bords de la Clyde sont : *Natica clausa*, *Fusus peruvianus*, *Tellina proxima*, *Astarte multicostata*, *Turbo expansus*, *Velutina undata*, *Pecten islandicus* et *Cyprina islandica*.

Les coquilles quaternaires des îles Britanniques sont au nombre de 247 espèces, dont 190 marines et 57 fluviatiles, lacustres et terrestres. Sur ce nombre, 166 espèces marines vivent actuellement dans les mers de la Grande-Bretagne, et 54 dans les eaux douces ou sur le sol ; total 220. Des 27 qui restent, 7 appartiennent aux mers arctiques, 1 se retrouve dans les mers d'Europe et de l'Inde, enfin 19 sont inconnues ailleurs, ou sont éteintes. Certaines espèces que l'on rencontre dans des couches quaternaires de la Sicile, et qui ne vivent à présent que dans les mers plus septentrionales, peuvent faire penser aussi que le climat de la Méditerranée était à cette époque plus froid qu'aujourd'hui.

Pour M. J. Smith, les deux assises meubles de l'ouest de l'Écosse auraient été séparées l'une de l'autre par un laps de temps considérable, et leurs faunes distinctes se seraient développées dans des conditions climatologiques différentes. Le même ordre de superposition se voit encore dans les bassins du Forth et de la Tay, où règnent des dépôts analogues, et c'est à cette époque qu'appartient la forêt sous-marine de la vallée de la Tay. En Écosse les débris organiques de cet âge ont été rencontrés à 106 mètres au dessus de la mer, et, si l'on y rapportait les terrasses de Glen-Roy dont nous parlerons ci-après, il faudrait admettre un changement de niveau de 304 mètres.

Dans la période suivante ou de la seconde assise que l'auteur nomme *post-tertiaire*, il y eut une élévation de 12 mètres, puis le sol demeura stationnaire, et les lits de gravier et de sable se déposèrent entre les falaises et le bord actuel de la mer. Les coquilles, dont 160 espèces ont été déterminées, sont toutes semblables à celles qui vivent sur la côte voisine, tandis que sur 151 espèces de l'assise inférieure, 27 comme on vient de le voir ne sont plus connues aujourd'hui dans les mers britanniques. Il semble d'après cela, que l'assise supérieure devrait être rapportée au terrain moderne.

M. Craig (1) avait aussi mentionné, sur les bords de la Clyde, des lits de sable et de gravier superposés au *till*. Ils atteignent jusqu'à 152 mètres d'altitude, et près de Paisley, à l'entrée du tunnel d'Arkleston, le lit de coquilles récentes est à 24 mètres au dessus de la mer, comme à Port-Glasgow il est à 12 mètres seulement.

A Stevenson, dans le Ayrshire, M. D. Landsborough a trouvé, en 1840, dans un dépôt du même genre, 27 espèces de coquilles, dont 8 sont inconnues dans les eaux des environs. Une couche située un peu plus haut, dans la même commune, lui a offert au contraire 47 espèces qui avaient toutes leurs analogues sur la côte voisine. A peu de distance, il recueillit encore 68 espèces également récentes, et, dans les deux localités les deux assises étant constamment distinctes, il est probable que l'on peut appliquer à la seconde l'observation que nous avons déjà faite (2).

On remarque en outre (3) de nombreuses traces de la mer à un niveau beaucoup plus élevé que celui qu'elle atteint aujourd'hui. A Ardrossan, à Kelly, dans les îles d'Arran, de Cumbray, d'Inchmarnock, etc., des terrasses ou des dépôts sableux et argileux coquilliers s'élèvent à 6 mètres et davantage au dessus de la mer. Des 160 espèces de coquilles qu'ils renferment, 2 seulement n'ont pas encore été rencontrées à l'état vivant; ainsi ces couches appartiendraient à l'assise supérieure des bords de la Clyde, assise que M. R. Harkness (4) a décrite plus tard, mais sans y reconnaître une séparation aussi tranchée avec le *till* que celle établie par M. J. Smith.

Sur la côte occidentale du Roshire, des terrasses élevées de 15 mètres au dessus de la mer ont été attribuées par M. G. Jeffreys (5) à un soulèvement brusque du sol sous-marin, tandis que sur la côte orientale de l'Écosse, particulièrement dans le golfe de Murray, des arbres enfouis dans le sable, au dessous du niveau moyen des eaux, indiqueraient un abaissement. Cette dernière in-

---

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 415.

(2) Ce dernier paragraphe est extrait du mémoire de M. Smith et diffère un peu de ce que dit M. Landsborough lui-même dans la note à laquelle nous empruntons le passage suivant.

(3) Landsborough, *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 444.

(4) *On the occurrence*, etc. Sur la présence de fossiles dans l'argile avec blocs. *Ib.*, vol. IV, p. 369. 1844. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 152. 1845.

(5) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 434. 1844.

dication aurait besoin d'être comparée à celle que nous avons donnée précédemment, d'un soulèvement sur divers points du littoral de ce même golfe. M. R. Chambers (1) a aussi constaté l'existence de plages soulevées aux environs de Saint-Andrews, et plus tard (2) il a cru reconnaître neuf niveaux distincts de plages soulevées dans les îles Britanniques. Il pense qu'on peut les retrouver aussi sur d'autres points du nord de l'Europe et en Amérique, et qu'elles indiqueraient non des mouvements partiels, mais une élévation égale qui aurait eu lieu sur de vastes surfaces, comme l'a dit M. Darwin pour l'Amérique du sud. Cette opinion a été d'ailleurs fortement contestée par les géologues présents à la réunion où elle a été émise.

Si, quittant le voisinage immédiat de la mer, nous pénétrons plus avant dans l'intérieur du pays en nous élevant vers les montagnes, nous trouverons des dépôts peu différents des précédents, mais dont l'origine plus problématique a été longuement discutée et est encore aujourd'hui l'objet d'opinions assez contradictoires; nous voulons parler des terrasses ou banquettes régulières, connues sous le nom de *parallel roads*, et en particulier de celles de Glen-Roy que Lauder Dick (3) et Macculloch (4) ont signalées depuis longtemps. M. Mackensie (5) a combattu d'abord l'opinion de Lauder Dick, en avançant que les eaux elles-mêmes avaient contribué à former les barrières des lacs dans lesquels ces terrasses s'étaient formées. Plus tard, M. Ch. Darwin (6) a étudié de nouveau ces terrasses, et motivé ses conclusions d'après un examen attentif dont nous exposerons les principaux résultats. *Parallel roads.*

Ces terrasses ou banquettes sont disposées horizontalement, le long des pentes gazonnées des montagnes qui sont recouvertes d'une alluvion un peu argileuse et rarement épaisse. Elles constituent des bandes étroites, dont la surface incline légèrement vers la vallée.

---

(1) *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXXIV, p. 298. 1843.
(2) *Rep. 17th Meet. brit. Assoc. at Oxford*, 1847. — *L'Institut*, 8 sept. 1847.
(3) *Transact. roy. Soc. of Edinburgh*, vol. IX, p. 11.
(4) *Transact. geol. Soc. of London*, 1re sér., vol. IV.
(5) *The London and Edinb. phil. Magaz.*, vol. VII, p. 434. 1835.
(6) *Observations on the parallel roads*, etc. Observations sur les *parallel roads* (routes ou chemins parallèles) de Glen-Roy et d'autres parties de Loch-Aber (comté d'Inverness), avec un essai pour prouver qu'ils ont une origine marine. (*Phil. Transact. roy. Soc. of London*, 1839, part. I, p. 39.)

Leur largeur moyenne est de 18 mètres ; quatre seulement d'entre elles sont bien marquées sur une certaine étendue. La plus inférieure est à 296^{m},16 au-dessus de la mer ; la seconde à 64^{m},50 au dessus de la précédente ; la troisième à 25 mètres plus haut, ou à 385 mètres de hauteur absolue ; enfin la quatrième, qui n'existe que dans la Glen-Gluoy est de 4 mètres seulement plus élevée que la troisième.

Elles sont principalement dues à des matériaux accumulés sous forme de rempart, et elles s'avancent très peu au delà de la pente générale des montagnes. Après leur formation il s'est entassé contre leur talus et au fond des vallées une grande quantité de cailloux roulés, de sable et de limon imparfaitement stratifiés. Les matériaux des terrasses sont les mêmes que ceux du dépôt qui recouvre les montagnes, et que l'on retrouve au fond des vallées. Tous proviennent des hauteurs environnantes.

Après une énumération très détaillée des diverses circonstances propres à éclaircir l'origine de ces amas détritiques, M. Darwin passe à la discussion des opinions de Lauder Dick et de Macculloch. Le premier pensait qu'un lac distinct existait dans chacune des vallées où l'on observe une terrasse, et que ces lacs avaient été séparément mis à sec. Dans la vallée de Glen-Roy où il y a trois terrasses, cette hypothèse pouvait avoir quelque vraisemblance, mais l'auteur la rejette de même que celle de Macculloch, laquelle consistait à regarder toutes les vallées avec des terrasses comme étant comprises dans un même grand lac. Le savant voyageur anglais s'attache à démontrer ensuite qu'une masse d'eau occupait autrefois les parties centrales de l'Écosse, et que cette masse n'était autre que la mer elle-même. Cette manière de voir semble être appuyée par un grand nombre de faits et surtout par les observations que nous venons de rapporter relativement à la présence des coquilles marines récentes à des hauteurs considérables au-dessus de la mer, tant sur ses bords qu'en remontant les vallées. Or, si l'on suppose que la grande vallée de l'Écosse dirigée S.-O., N.-E. ait été un détroit, on concevra que les eaux de la mer aient pu s'élever dans les vallées de Glen-Roy et de la Speane, et qu'à une époque très récente il y ait eu, dans la partie centrale de l'Écosse, un changement de niveau assez semblable à celui des côtes de la Scandinavie, c'est-à-dire résultant de l'élévation progressive du sol et non de l'abaissement de la mer.

M. Darwin se résume en établissant : 1° que les terrasses horizontales sont d'anciens rivages ; 2° que l'hypothèse des lacs inter-

ceptés par des barrières qui s'élevaient et s'abaissaient successivement à diverses époques n'est pas admissible ; 3° que l'eau de la mer a pénétré dans le plus grand nombre des vallées de cette partie de l'Écosse ; 4° que la terre a été l'élément qui a changé de niveau et non la mer, des coquilles marines se trouvant comme on sait à une grande hauteur sur les côtes orientales et occidentales de l'Écosse ; 5° qu'il y a eu des moments de repos entre les mouvements d'ascension du sol ; 6° que le sol soumis à ces oscillations présentait des accidents et une disposition semblables à ce que l'on observe aujourd'hui ; 7° que les objections, tirées de la non-existence des terrasses et de l'absence des fossiles à de grandes hauteurs, sont sans valeur ; 8° que beaucoup de circonstances particulières dans la disposition des vallées de Loch-Aber s'expliquent en supposant qu'elles ont été occupées par des bras de mer sujets à des marées, et dont les eaux se sont successivement abaissées, au fur et à mesure de l'élévation du sol.

Les blocs erratiques que l'on observe reposant sur les terrasses de Loch-Aber proviennent de roches qui ne se trouvent point en place dans leur voisinage immédiat. Ce sont pour la plupart des fragments de granite épars sur les pentes des montagnes aussi bien que sur les terrasses elles-mêmes. Ils ont de 1 à 2 mètres de diamètre, et s'élèvent plus haut que la banquette supérieure. M. Darwin en cite à 670 mètres d'altitude et d'autres qui sont éloignés de 6 milles du lieu de leur origine. Quelle que soit la cause de leur dispersion, elle paraît avoir été antérieure à la formation des terrasses ou en serait tout au plus contemporaine, mais on ne peut pas admettre qu'elle soit plus récente, si l'on considère la parfaite conservation des lignes délicates de ces mêmes terrasses. Le tout suivant M. Darwin appartiendrait à la grande époque des blocs erratiques, depuis laquelle cette partie de l'Écosse s'est élevée d'au moins 391 mètres, hauteur actuelle de la plus haute des terrasses. Les blocs n'auraient point été transportés par des courants, mais par des glaces flottantes. Enfin l'horizontalité de ces dépôts ne serait pas incompatible avec la supposition des abaissements et des soulèvements en masse de l'Écosse, comme on peut en juger par la Scandinavie, et quant à cette horizontalité même, elle est loin d'être parfaite.

M. Agassiz (1), en attribuant la formation de certains lacs à l'ex-

---

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 328. 1840.

tension des glaciers des vallées latérales dans une vallée principale, a pensé que les terrasses de Glen-Roy avaient aussi été déposées dans un lac qu'auraient occasionné un glacier latéral s'avançant à travers la vallée près de Bridge-Roy et un autre par celle de Glen-Speane. Les lacs de cette nature donnent lieu à des dépôts en forme de terrasses ou lits de détritus à différents niveaux. M. Murchison (1) regarde au contraire ces *parallel roads* comme des lignes de côte inégalement élevées, semblables à celles que nous avons mentionnées dans le Finmark. L'hypothèse d'anciens glaciers devrait être d'ailleurs appuyée par la présence de stries, de surfaces polies et d'autres circonstances qui n'ont point encore été signalées sur les roches en place qui forment les parois de ces vallées.

M. Maclaren (2) paraît avoir aussi rejeté l'hypothèse des lacs de même que celle des glaciers, et attribué à l'action de la mer les terrasses dont les matériaux auraient été déposés sur les parties latérales du fond d'un ancien *firth*, tel que Loch-Long ou Loch-Étève.

es d'Écosse. Les îles de la côte occidentale de l'Écosse offrent encore de nombreuses traces du changement de niveau relatif de la terre et des eaux. Ainsi M. Strickland (3) a donné des détails sur l'importance de dépôts quaternaires arénacés qui se trouvent à l'extrémité nord de l'île de Man, où ils occupent une surface d'environ 8 milles sur 6. Quoique fortement dénudés, ils atteignent encore 61 mètres au dessus de la mer. Ces sables jaunâtres, irrégulièrement stratifiés, sont quelquefois argileux et renferment des lits de cailloux et de gravier. Les débris organiques y sont peu nombreux. Sur 20 espèces de coquilles que l'auteur a recueillies, 5 ne sont plus connues dans les mers environnantes, 2 appartiennent à l'Océan atlantique, et 2 ne paraissent plus avoir d'analogue vivant. M. E. Forbes (4) qui a publié quelques observations sur ces coquilles et sur leur distribution, relativement à celles qui vivent encore sur la côte, les regarde comme du même âge que celles des bords de la Clyde (mais sans dire de quelle assise) et contemporaines des fossiles du Cheshire dont il sera question plus loin.

---

(1) *Address delivered*, etc. *Ibid.*, vol. IV, p. 65. 1843.
(2) *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXXV, p. 278. 1843.
(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 8.
(4) *Rep. 10th Meet. brit. Assoc. at Glasgow*, 1840. — *L'Institut*, 4 mars 1841.

M. J.-G. Cumming dans son *Mémoire sur la géologie de l'île de Man* (1) y a distingué : 1° *une argile avec blocs ;* 2° *un diluvium ;* 3° le *drift gravel ;* 4° les *alluvions modernes.* L'argile avec blocs renferme des coquilles quaternaires et vers le bas quelques espèces du crag. Elle passe vers le haut au *till* ou *diluvial drift* (dépôt de transport diluvien auquel paraît appartenir la couche coquillière, décrite par M. Strickland). Ces subdivisions faites par l'auteur sont sans doute locales, autrement elles ne s'accorderaient point avec celles qui ont été établies sur les bords de la Clyde. Les couches appartiennent d'ailleurs à l'époque quaternaire, car les roches sous-jacentes sont polies et striées, et les blocs de roches du pays, enveloppés dans l'argile, sont également striés et polis sur leurs faces planes. Ce que M. Cumming appelle diluvium est un sable limoneux avec des amas de gravier et des masses arrondies de roches du pays.

L'île de Mull, d'après M. Alan Stevenson (2) offre encore dans la paroisse de Bunessan des plages soulevées à 12 et 15 mètres au dessus de la mer.

Les preuves du séjour récent de l'Océan sur une partie des terres aujourd'hui émergées sont encore plus nombreuses en Angleterre qu'en Écosse, et elles se rencontrent surtout à une bien plus grande distance dans l'intérieur du pays. Nous mentionnerons d'abord celles qui ont été signalées à l'ouest de la ligne de partage des eaux de la mer du Nord et de celles de la mer d'Irlande, c'est-à-dire dans le Lancashire, le Cheshire, le Staffordshire, le Shropshire, etc., et plus à l'ouest sur les pentes des montagnes du pays de Galles ; nous passerons ensuite aux nombreuses plages soulevées des côtes du Cornouailles et du Devonshire, nous suivrons celles du Dorsetshire, puis nous remonterons au nord sur les côtes orientales de l'Essex, du Suffolk, du Norfolk et du Yorkshire, comme nous l'avons déjà fait dans les sections précédentes. Nous acquerrons alors la certitude que, pendant l'époque quaternaire, tout le massif de l'Angleterre a été soulevé, mais à des hauteurs très inégales, sur les divers points où existent encore les témoins irrécusables de ces mouvements. Angleterre.

(1) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 335. 1846. — *The Athenæum*, 1845, p. 724.
(2) *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXIX, p. 94. 1840.

Comtés du Centre.

M. Phillips Egerton (1) a découvert à la base des *Forest-Hills*, à 9 milles de distance en ligne droite du point le plus rapproché de la côte, un lit de gravier placé à 20 ou 25 mètres au-dessus de la mer. Ce lit est composé de gravier, de cailloux roulés, de sable et de coquilles marines d'espèces encore vivantes. Les cailloux proviennent de diverses roches qui abondent dans le conglomérat du nouveau grès rouge des districts environnants. A Wellington 12 mètres de ce dépôt ont été traversés avant d'atteindre le nouveau grès rouge. Le lit coquillier est d'ailleurs bien distinct et séparé du diluvium ordinaire qui recouvre le Cheshire sur une épaisseur de 6 mètres. M. Egerton conclut que le lit de gravier coquillier a été déposé sur la côte de l'ancienne mer, lorsque celle-ci atteignait la base des *Forest-Hills*, et depuis que certaines espèces qui vivent encore s'étaient déjà développées ; qu'un changement de niveau relatif d'environ 22 mètres s'est manifesté ensuite ; et qu'un diluvium sans fossiles, de 6 mètres d'épaisseur, est venu en dernier lieu recouvrir le dépôt coquillier. Cette superposition a encore été confirmée par le même savant dans une autre communication (2).

D'après des observations faites aux environs de Shrewsbury (Schropshire), M. J. Trimmer (3) avait admis que la surface du sol émergé, occupée par un dépôt de gravier provenant des roches du voisinage, avait été recouverte par une forêt de bouleaux, de chênes et de sapins ; que cette forêt ayant été détruite un marais tourbeux en avait occupé la place, et qu'ensuite l'invasion de la mer était venue ensevelir le marais sous des masses de limon et de gravier avec fragments de granite, et remplies de coquilles marines d'espèces vivantes (*Turritella terebra*, *Cardium edule*, *Tellina solidula*) ; mais M. Murchison a reconnu plus tard que les prétendus

(1) *On a bed*, etc. Sur un lit de gravier contenant des coquilles marines d'espèces vivantes à Wellington (Cheshire). *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 189. 1835. — M. J. Trimmer (*a*) en avait déjà signalé sur la rive gauche du Mersey. — M. Gilberton a reconnu également des alluvions marines à Preston dans le Lancashire, à 6 milles de distance de la mer et à 100 mètres au-dessus de son niveau (*b*).

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 415. 1836.

(3) *Ib.*, p. 200. 1836.

(*a*) *London and Edinb. phil. Magaz.*, n° 17, p. 371.

(*b*) *Bull.*, vol. II, p. 142. 1831. — *Rep. 4th Meet. brit. Assoc. at Edinburgh*, p. 684. 1834.

arbres n'étaient que des pieux enfoncés dans le sol, et les autres débris des planches et des morceaux de bois placés horizontalement et provenant d'un ancien chemin.

Nous avons déjà décrit dans les comtés du centre, d'après ce dernier savant, les caractères du diluvium qu'il nomme *drift du nord*, son étendue, son élévation, sa distribution et sa superposition au dépôt détritique de la Silurie. Quant aux coquilles qu'on y trouve, elles sont identiques à celles des mers adjacentes; ce sont: *Buccinum reticulatum*, *B. undatum*, *Dentalium entalis*, *Littorina littorea*, *Tellina solidula*, Vénus, Astarte, *Cardium tuberculatum*, *C. edule*, *Cyprina islandica*, *Turritella ungulina*, Beck (*Turbo ungulinus*, Lin.), *Donax* ou Mactre (1).

Les grands blocs ne sont pas seulement à la surface du dépôt comme on l'avait cru, mais encore à une profondeur considérable dans le sable, le gravier et l'argile mélangés de coquilles. La présence de ces dernières fait penser à M. Murchison que ces couches doivent avoir été formées sous la mer dans la période actuelle, tandis que le prolongement des détritus granitiques, des hauteurs de Bridgenorth à la vallée de Worcester, indique que la mer devait, à la même époque, couvrir la vallée de la Severn, de Bridgenorth au canal de Bristol, et cela de manière à séparer de l'Angleterre le pays de Galles et la Silurie. Les collines de Malvern et d'Abberley formaient la côte occidentale d'un bras de mer borné à l'est par les collines de Cotteswold. M. Strickland a fait voir en effet qu'il y avait eu, de l'E. et du N.-E., un transport de coquilles fluviatiles et terrestres mêlées à des débris de quadrupèdes éteints, et que le tout avait été déposé sur les bords du lit de gravier, le long du cours de l'Avon, jusqu'à sa jonction avec la Severn. M. Murchison ne semble point partager l'opinion de M. Egerton sur la distinction et la séparation du diluvium d'avec les argiles et les sables coquilliers sous-jacents du Cheshire.

Sur la pente nord-ouest du Snowdon on trouve, dit M. Buckland (2), des cailloux de granite et d'autres roches venant d'Anglesea, du Cumberland ou d'Irlande, associés avec des coquilles ma-

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 230. 1836. — Voyez aussi : Jabes Allies, *On the marine Shells*, etc. Sur des coquilles marines trouvées dans le gravier près de Worcester. (*Rep. 9th Meet. brit. Assoc. at Birmingham*, 1839 (Londres, 1840), p. 70 des Notices.)

(2) *Ibid.*, vol. III, p. 579.

rines d'espèces encore vivantes (1). Ces matériaux s'élèvent à près de 326m,60 sur le Moel-Tryfan (2). De ce point ils descendent vers la côte près de Caernarvon et occupent toute la surface du sol. L'auteur attribue le transport de ces débris à une puissante action diluvienne ou marine venant du nord, et qui les aurait non seulement poussés à cette hauteur, mais encore étendus sur les côtes de Caernarvon, du Cardiganshire, du Denbighshire, du Cheshire et plus loin vers le sud.

Devonshire et Cornouailles. Dans un premier *Mémoire sur la côte soulevée de Hope's Nose en Devonshire et sur d'autres mouvements semblables dans les environs* (3), M. A. C. Austen a rappelé plusieurs exemples du même genre près de Plymouth, à l'extrémité occidentale du Cornouailles et sur d'autres points (4). Parmi ces plages soulevées, il paraîtrait y en avoir de plusieurs dates, quoique toutes appartiennent à la même grande période. Ainsi, près de Land's-End (5), de gros blocs arrondis, de 10 à 12 mètres de côtés, placés presque tous à la même hauteur dans les baies et sur les promontoires voisins, marqueraient un premier phénomène; la côte de cailloux de Plymouth en signalerait un second, et l'on trouverait des preuves d'un troisième dans les bancs de sable enveloppant les coquilles d'espèces vivantes, que l'on observe dans la partie nord de la baie de Saint-Ives, au sud de New-Quay et sur d'autres points de la côte nord du Cornouailles.

M. Austen fait remarquer que la disposition abrupte des côtes et la profondeur des eaux s'opposent à ce que ces mêmes circonstances aient pu se manifester dans le nord du Devonshire et dans la partie occidentale du Somersetshire, tandis qu'en remontant la Severn, jusqu'à l'endroit où elle cesse d'être navigable, on retrouve les graviers, les sables et les coquilles marines d'espèces vivantes, à 90 et 180 mètres au-dessus de la mer (6). Plus au nord, on a vu que des dépôts semblables se prolongeaient jusque dans le voisinage des

---

(1) Cette découverte avait été faite en 1830 par J. Trimmer. — Voyez : *Bull.*, vol. II, p. 142. 1831.

(2) Voyez : *antè*, p. 75, *nota* pour les évaluations différentes de l'altitude à laquelle ces coquilles ont été trouvées.

(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 102. 1834.

(4) Boase, *Transact. roy. Soc. of Cornwall*, vol. IV.

(5) Carne, *Ibid.*, vol. III, p. 229 et vol. IV, p. 259.

(6) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 333.

montagnes du Cumberland. Ainsi de grands mouvements d'élévation se sont produits depuis l'existence de la faune actuelle, et eur amplitude paraît s'être accrue du S. au N. ; mais nous devons rappeler que la contemporanéité du soulèvement sur tous ces points est loin d'être démontrée, et il semble même que dans le nord, où les mouvements ont été plus prononcés, ils soient aussi plus anciens que dans le sud.

MM. Sedgwick et Murchison (1) ont décrit la côte soulevée de la baie de Bidfort, qui s'étend de l'embouchure de la rivière de Barnstaple à Baggy-Point. La falaise est composée, vers le haut, de 2 à 3 mètres de détritus des roches environnantes, enveloppés d'un limon sableux. Au-dessous est un sable finement feuilleté, et, çà et là, se voient des lits coquilliers d'une épaisseur de 8 mètres. Vers le bas il y a des lits de cailloux roulés et un conglomérat qui repose sur les couches redressées du terrain de transition. L'épaisseur totale de ces couches est de 11 mètres, et leur élévation au-dessus de la mer à Baggy-Point est de 18 à 22 mètres. Un banc de cailloux, probablement antérieur aussi à l'époque actuelle, se voit au sud entre Appledore et la côte, et sur les deux bords de la rivière, en remontant vers Barnstaple, des chaînes de collines, qui s'étendent vers l'intérieur, présentent encore la forme d'anciennes lignes de côte. M. D. Williams (2) a constaté, en outre, que le mouvement du sol avait été graduel sur tout le littoral et s'était fait sentir dans une grande partie des terres voisines jusqu'à plus de 5 milles du rivage.

Dans son *Rapport sur la géologie du Cornouailles et du Devonshire* (3), M. de la Bèche signale fréquemment la présence de cailloux et de sable disposés de telle sorte que l'on doit les regarder comme des restes d'anciennes plages semblables à celles qui se voient encore le long de la côte. Ces amas de matériaux meubles sont aujourd'hui à 12 et 15 mètres au-dessus des plus hautes marées. Après avoir rappelé ceux de ces faits qui sont déjà connus, le

---

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 279. 1836. — *Bull.*, vol. VIII, p. 295. 1839. — Voyez aussi : W. Sanders, *Sur une plage soulevée à Woodspring-Hill, près Bristol.* (*Rep. 10th Meet. brit. Assoc. at Glasgow*, 1840, p. 102.)

(2) *Transact. geol. Soc of London*, vol. V, p. 287, 1836.

(3) *Report on the geology*, etc., p. 423, in-8 avec carte et coupes. Londres, 1839.

savant auteur mentionne les plages soulevées de la baie de Saint-Ives, de Perran, de Fistral et de New-Quay. M. Ed. Budge (1) a indiqué aussi, dans la paroisse de Saint-Kéverne, une portion de côte soulevée appelée *Lowlands*.

M. Cloyn Austen (2) a distingué dans le sud-est du Devonshire : 1° les dépôts marins élevés des vallées de l'Axe, de l'Otter et de l'Exe, au-dessus de Topsham ; 2° les plages soulevées de Hop's Nose et Tatcher, ainsi que celles à l'ouest de Bovey-Head et que l'on trouve à divers intervalles sur toute la côte méridionale du Devonshire, jusqu'à 18 et 22 mètres au-dessus de la mer ; 3° le diluvium de cailloux roulés avec ossements de pachydermes qui recouvre les plateaux. Dans un second travail beaucoup plus développé, le même géologue (3) a constaté que toutes les coquilles marines de Hope's Nose étaient des espèces encore vivantes, et que des dépôts semblables se trouvaient sur un rocher isolé au sud-ouest du précédent, puis près de Brixham, dans la baie entre Berry-Head et Sharkham-Point. Ces bancs renferment des silex de la craie, quoiqu'on n'en trouve plus actuellement sur la plage. On observe souvent dans ces dépôts la stratification oblique et en zigzag commune aux roches arénacées de tous les âges.

Le nombre des espèces de coquilles qu'ils contiennent est très faible, comparé à celui des mollusques qui vivent actuellement sur la côte, ce qui s'accorderait avec ce que l'on a vu sur d'autres points pour les dépôts de la même période. Non seulement on n'y trouve pas toutes les formes signalées dans les sédiments modernes et qui caractérisent aujourd'hui la faune des côtes du sud-ouest de l'Angleterre, mais encore beaucoup d'autres coquilles que l'on devait s'attendre à y rencontrer. Ce caractère négatif peut faire penser que les circonstances dans lesquelles ces couches se sont formées étaient moins favorables au développement de la vie marine que celles de nos jours ; que la température, par exemple, était alors plus basse, fait auquel viendraient se rattacher les sillons observés à la surface des schistes anciens sous-jacents.

D'après M. Barlett (4), il y a encore sur ces mêmes côtes plusieurs plages soulevées dont la hauteur est de 8 à 10 mètres. Ce sont

---

(1) 29th *ann. Rep. roy. geol. Soc. of Cornwall*, p. 58. 1842.
(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 584.
(3) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 437.
(4) *Rep. 11th Meet. brit. Assoc. at Plymouth*, p. 61-72. 1841.

des terrasses de sable fin, siliceux, jaune, avec des cailloux de diverses roches et des coquilles marines qui paraissent avoir un caractère plus arctique que celles qui vivent aujourd'hui dans le voisinage. Il serait d'ailleurs difficile d'admettre l'influence des actions galvaniques invoquées par l'auteur pour expliquer ces changements de niveau.

Les ossements de rhinocéros, d'éléphants, d'ours et de chevaux trouvés à Hoe près Plymouth, avaient d'abord été regardés comme provenant des déblais d'une caverne; mais il a été constaté depuis (1) qu'ils appartenaient au dépôt de cailloux et de sable sous-jacent d'origine sous-marine et qui, renfermant des coquilles d'espèces vivantes, a été soulevé à une époque assez récente. M. E. Moore (2), en effet, a reconnu plus tard l'association réelle, avec des coquilles marines, de ces ossements, semblables à ceux des cavernes. Leur état très roulé prouve qu'ils ont été longtemps ballottés par la mer avant d'être ensevelis dans le dépôt de cailloux qui s'est formé ensuite et n'a été soulevé que longtemps après. La présence des ossements de grands animaux, au milieu de bancs de coquilles marines, ne s'accorde point avec ce que nous venons de dire des divisions de M. Austen; mais il est probable que ces dernières sont trop absolues, ou n'ont été proposées que pour la côte comprise entre Lyme-Regis et Start-Point.

Dorsetshire, Hampshire Essex, etc.

Un marais tourbeux et les forêts sous-marines de l'embouchure de la Bourne (Hampshire) et des environs de Poole (Dorsetshire) ont été décrits par M. Clarke (3); mais les côtes du Sussex et du Kent ne paraissent point offrir de traces bien constatées du phénomène dont nous nous occupons, quoique les dépôts de Brighton, dont nous avons parlé, soient de l'époque quaternaire. Plus au nord, sur la paroisse de Little-Clacton (Essex), la côte, à 10 milles au sud de Walton, présente beaucoup de coquilles marines mêlées à des coquilles lacustres et terrestres. Les lits de sable et de gravier alternent avec des couches de tourbe, sur une épaisseur de 3 à 6 mètres. On y trouve aussi, d'après M. J. Brown (4), des graines de

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 589.
(2) *Rep. 11th Meet. brit. Assoc. at Plymouth*, 1841, p. 62.
(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 599.
(4) *Magaz. of nat. Hist.*, vol. IV, p. 197, 1840. — Voyez aussi : H Woods, *Descript. of the fossil skull*, etc. Description d'un squelette fossile de bœuf trouvé à Melksham (Wiltshire) en 1838, in-4. Londres, 1839.

Chara, des valves de Cypris et des ossements d'éléphant, de rhinocéros, de daim, de bœuf, de cheval, etc. Plus près de Walton, et sur divers points de la côte, des lits de coquilles modernes se montrent à une faible hauteur au-dessus du niveau de la mer, ce qui fait penser à l'auteur (1) qu'il s'y est aussi manifesté des soulèvements à une époque peu ancienne. Enfin nous avons vu (*antè*, p. 86) que dans le Yorkshire des ossements de grands mammifères éteints se montraient encore dans les graviers diluviens remplis de coquilles récentes.

Irlande. M. J. Scouler (2) a examiné les dépôts coquilliers des promontoires de Howth, de Bray-Head et de la vallée de Glenishmaule en Irlande. Au-dessus d'une argile ferrugineuse très tenace avec manganèse on trouve un gravier grossier, puis du sable fin avec *Turritella ungulina*, *Turbo littoreus*, *Nerita littoralis*, *Buccinum undatum*, *Cardium edule*, *Cyprina islandica*, *Pecten varius*. Du côté opposé de la baie de Dublin et au sud de Bray-Head, il y a un dépôt semblable, dont l'extrémité nord s'élève à 61 mètres au-dessus de la mer. Les coquilles sont les mêmes que ci-dessus et il y a de plus le *Dentalium entalis*. La vallée de Glenishmaule, à 7 milles de la baie de Dublin, offre un lit de sable et de gravier de 30 mètres d'épaisseur et élevé de 60 mètres. Les éléments de ce gravier, de même que les fossiles qu'il renferme, sont identiques à ceux des dépôts précédents. Des ossements d'élan sont les seuls restes de mammifères qu'on y ait rencontrés. Ainsi la baie de Dublin doit avoir été élevée, quoique inégalement, à une époque géologique récente, et il en a été de même des vallées dont les graviers déposés sous la mer ont été ravinés ensuite par les eaux torrentielles.

Dans le comté de Mayo on voit un lit de sable, avec des coquilles marines d'espèces vivantes, placé au sommet d'une colline de granite et à 100 mètres d'altitude. Ce fait prouve sans doute que la côte a été soulevée depuis la formation de ce dépôt et à une époque peu ancienne; mais nous n'y voyons point une démonstration de l'injection ou du soulèvement particulier du granite à cette même époque, comme semble l'indiquer M. Griffith (3). M. Jennings (4)

---

(1) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 341. 1845.
(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 435. — *Bull.* vol. VIII, p. 294.
(3) *Rep.* 13th *Meet. brit. Assoc. at Cork*, p. 50. 1843.
(4) *Ib.*, p. 51.

pense que sur plusieurs points de la côte de Cork et de Waterford il y a au contraire des preuves certaines de l'abaissement du sol.

M. Portlock (1) distingue du diluvium composé de sable, d'argile et de cailloux roulés, des lits d'argile calcarifère qui se trouvent fréquemment dans le comté de Derry et qui paraissent provenir de l'altération et de la destruction des roches crétacées et basaltiques. Les espèces de coquilles marines y sont peu nombreuses, mais les individus sont très abondants (*Turritella terebra*, *Cyprina islandica*, *Nucula oblonga*, Brown; cette dernière très commune sur les bords de la Clyde n'est pas bien connue à l'état vivant). A l'O. ces argiles ne s'étendent pas au delà de Muff. Elles atteignent 137 et même 202 mètres au-dessus de la mer, et leur épaisseur est quelquefois de 28 mètres. Les coquilles y sont d'autant moins nombreuses qu'on s'élève davantage.

L'*argile à briques* est fort étendue autour de Faughanvale et de Tamlaght-Finlagan; son épaisseur varie de 1 à 2 mètres. Quoique sa position soit assez difficile à déterminer, M. Portlock ne croit pas pouvoir la réunir aux couches précédentes. L'ensemble du dépôt est formé de sable, d'argile tenace et brune, de gravier plus ou moins grossier et d'argile sablonneuse. Les coquilles marines que l'on y trouve sont des espèces vivantes. Dans la paroisse de Ballyseullion on remarque un autre dépôt d'argile tenace reposant sur du sable rougeâtre et recouvert également par du sable. Il renferme des troncs et des branches de chêne, du lignite imparfait, et se rattache aux couches analogues de Washing-Bay, Verner's-Bridge et autres décrites par M. Griffith. Enfin, au nord de Portrush est une accumulation de coquilles et de sable qui occupe une dépression placée à 3 mètres seulement au-dessus de la mer, et dans laquelle M. J. Smith a recueilli jusqu'à 90 espèces de coquilles, la plupart marines.

Le gravier prédomine dans les dépôts diluviens de l'Irlande, qui constituent tantôt des digues longues, basses et arrondies appelées *eskars*, s'étendant presque en ligne droite sur plusieurs milles de longueur, tantôt des collines isolées, arrondies, ou bien encore des plaines ondulées. Comme on n'y a point trouvé de fossiles, on avait cru devoir distinguer ces dépôts meubles des argiles avec coquilles marines, observées le long des côtes depuis 15 jusqu'à 95 mètres

---

(1) *Report on the geology*, etc. Rapport sur la géologie du comté de Londonderry, etc., in-8. Londres, 1843.

d'élévation ; mais M. T. Oldham (1) ne regarde pas cette distinction comme fondée. Pour lui, le tout serait du même âge et résulterait d'un changement de niveau dans le sol de l'Irlande, comme il s'attache à le prouver par la disposition probable des terres émergées à cette époque. Parmi les coquilles recueillies dans les couches argileuses, 20 espèces vivent aujourd'hui sur les côtes voisines.

Le même naturaliste a publié aussi un mémoire sur l'état actuel des connaissances relatives aux couches quaternaires de l'Irlande (2), et M. J. Bryce (3) a signalé 45 espèces de coquilles dans le dépôt de Belfast, situé à 32 mètres au-dessus de la mer. La plupart de ces espèces sont communes aux couches des bords de la Clyde.

Guernsey et Jersey.

Enfin les îles de Guernsey et de Jersey présentent également des preuves d'un soulèvement peu ancien, d'après ce que nous ont appris les observations de M. W. C. Trevelyan (4) et de M. Edge (5).

Résumé.

M. B.-J. Smith (6) a donné en 1838 un très bon résumé des derniers changements de niveau relatif de la terre et de la mer autour des Iles-Britanniques, et sir R. I. Murchison, dans son discours annuel comme président de la Société géologique de Londres en 1843 (7), a rappelé la différence des niveaux auxquels on trouve en Angleterre les anciennes plages avec des coquilles analogues aux vivantes. Ainsi il y en a depuis 486 mètres d'altitude dans le nord-ouest du pays de Galles (8), jusqu'à quelques mètres seulement au-dessus de la mer dans le Cornouailles et le Devonshire. Dans les comtés du centre on en rencontre à des hauteurs qui varient de 61 à 122 mètres. Cet éminent géologue en conclut que la mer n'a point occupé successivement ces divers niveaux, mais que, pendant un laps de temps qui n'est pas fort éloigné de nous, le sol a éprouvé des mouvements considérables et inégaux d'élévation et d'abaissement, la présence des forêts sous-marines le long des côtes

(1) *Rep. 14th Meet. brit. Assoc. at York*, p. 57 des Notices. 1844.
(2) *Proceed. geol. Soc. of Dublin*, vol. III, p. 1 à 61.
(3) *London, Edinb. and Dublin phil. Magaz.*, 3e sér., vol. XXVI, p. 433. 1845.
(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 577.
(5) *Ibid.*, p. 578.
(6) *Edinb. new phil. Magaz.*, vol. XXV, p. 378. 1838.
(7) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 96. 1843.
(8) Voyez *anté*, p. 75, *nota* pour les différentes évaluations de cette hauteur.

actuelles prouvant aussi des mouvements dans ce dernier sens. Nous avons vu enfin que l'Écosse, l'Irlande et plusieurs des îles qui les avoisinent n'avaient point échappé non plus à ces oscillations iné gales du sol et qui permettent de penser que les bancs de coquilles marines mêlées de sable, d'argile et de gravier dont nous venons de nous occuper n'ont pas été tous émergés en même temps, mais bien à divers moments de la période quaternaire.

§ 4. Traces attribuées à d'anciens glaciers.

M. Agassiz (1), qui avait étendu l'idée de Playfair en l'appliquant à la Suisse, crut aussi reconnaître des preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les diverses parties de l'Écosse, de l'Angleterre et de l'Irlande qu'il avait parcourues. Les caractères des graviers superficiels, des blocs erratiques et les surfaces polies et striées des roches en place, furent les motifs sur lesquels il établit une opinion qui dut paraître d'abord assez extraordinaire, mais qui fut cependant accueillie avec empressement par plusieurs géologues anglais.

D'après le célèbre naturaliste de Neuchâtel, la distribution des blocs et des graviers, aussi bien que la présence des surfaces polies et striées des roches en place, n'indiquent point un courant dirigé du N.-O. au S.-E., parce que les blocs et les graviers divergent partout des chaînes centrales, suivant la direction des vallées. Le Ben-Nevis, dans le nord de l'Écosse, les Grampians, au sud, et les hauteurs du Ayrshire, ont été, pour ce pays, des centres de dispersion, comme les montagnes du Northumberland, du Cumberland, du Westmoreland et du pays de Galles, l'ont été pour l'Angleterre, comme celles des comtés d'Antrim, de Wicklow et de l'ouest de l'Irlande, l'ont été pour cette dernière île. Chaque district a ses débris particuliers, dont on peut retrouver le point de départ en remontant les vallées; par conséquent la cause du transport doit être cherchée vers le centre même de ces montagnes et non sur des points situés en dehors du pays. Quant aux blocs d'ori-

---

(1) *On glaciers*, etc. Sur les glaciers et les preuves qu'ils ont existé autrefois en Ecosse, en Irlande et en Angleterre. *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 328, nov. 1840. — *La théorie des glaciers et ses progrès les plus récents*. (*Bibl. univ. de Genève*, sept. 1842. — *Edinb. new phil. Journ.*, 1842. — *Ann. des sc. géologiques*, vol. I, p. 850. 1842.

gine scandinave, trouvés sur les côtes d'Angleterre, on peut admettre qu'ils y ont été amenés par des glaces flottantes.

On doit distinguer des masses non stratifiées, composées de blocs, de cailloux et d'argile, le gravier stratifié et le limon avec fossiles qui peuvent ne pas avoir été accumulés par des glaciers, quoique les matériaux qui les composent en proviennent originairement. Les dépôts stratifiés seraient postérieurs à l'époque des glaciers. Le *till*, amas incohérent et irrégulier de boue, de blocs et de gravier avec quelques ossements de mammifères n'est point le résultat immédiat de vrais glaciers, quoique intimement lié à leur existence. Des détritus semblables occupent aussi le fond des vallées des Alpes. Si l'analogie des faits observés en Écosse, en Angleterre et en Irlande avec ceux de la Suisse est exacte, dit M. Agassiz, on doit penser que non seulement il y avait des glaciers dans les Iles-Britanniques, mais encore qu'ils en couvraient toute la surface.

M. Buckland (1), à l'appui de cette manière de voir, a donné la description d'une masse non stratifiée située près de Dumfries, et composée de cailloux roulés, provenant des schistes des montagnes voisines et de quelques fragments arrondis de granite dont le gisement le plus rapproché, qui est le Loch Doon, dans le Galloway, se trouve encore à 30 milles au nord-ouest. La hauteur de ce monticule, regardé comme une ancienne moraine, varie de 6 à 9 mètres. Sa base est de 30 mètres, et sa longueur de 400. Dans le comté d'Aberdeen, il existe aussi des restes de moraines terminales et des détritus remaniés par les eaux. Dans le Forfarshire, des cônes et des digues de graviers auraient été produits également par des glaciers et modifiés ensuite par les eaux. La montagne opposée à la gorge du Tumel est recouverte d'un grand dépôt de graviers et de blocs, qu'apportait un glacier qui débouchait dans la vallée par cette ouverture et qui a poli et strié les roches schisteuses en amont de la cascade actuelle. Sur le Schichallion, on voit des surfaces polies et striées, parallèles à la direction qu'un glacier aurait suivie en descendant de cette montagne, et les moraines de Taymouth, de Glen-Cofield, de Strath-Earn

(1) *On the geological evidence*, etc. Sur l'évidence géologique de l'ancienne existence des glaciers dans le Forfarshire. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 337. Déc. 1840.

près de Gamerie, de Loch-Earn et de Callender, sont encore des témoins de l'ancienne existence des mêmes agents.

Après avoir cherché à démontrer qu'il y avait autrefois des glaciers dans les vallées et les districts montagneux de l'Écosse, le savant professeur d'Oxford essaie de faire voir que l'action des glaces s'est aussi exercée sur des points peu élevés au-dessus de la mer et loin de toute masse considérable de montagnes. Ainsi l'on remarque des stries sur une surface verticale polie, à l'angle nord-ouest du rocher qui porte le château d'Édimbourg, et, à sa base, une portion de roche presque horizontale offre des stries profondes. Il y en a également sur la partie sud-est du même rocher. Quelques uns de ces effets pourraient être attribués sans doute à des pierres charriées par les glaces flottantes, mais il n'en peut être de même du poli et des stries des roches de Blackford-Hill, à deux milles au sud d'Édimbourg, où l'on observe, vers le bas de la colline et d'une falaise verticale de trapp, une sorte de voûte naturelle, remplie en partie de gravier et de sable cimentés par une infiltration récente de carbonate de chaux. Les côtés et le plafond de la voûte sont parfaitement polis et couverts de stries disposées en groupes parallèles sur certains points. Cet endroit, qui n'est pas à 100 mètres au-dessus de la mer, prouverait que des glaciers ont aussi couvert Calton-Hill et les collines des châteaux d'Édimbourg et de Stirling.

Une grande partie des terres basses situées entre Édimbourg et Haddington est composée de *till* ou boue de glaciers, non stratifiée et renfermant des cailloux. Une moraine longitudinale se trouve dans la vallée de North-Tyne, et une digue considérable, sur la droite de la rivière, à quatre milles à l'ouest de Dunbar. A trois milles au sud-est de cette ville s'étendent des terrasses ou moraines latérales modifiées dans la haute vallée, et, à l'extrémité orientale des montagnes de Lammermuir, il y a également des terrasses de chaque côté de la rivière.

M. Ch. Lyell (1), qui avait d'abord rapporté les amas de détritus du Forfarshire à l'action des glaces flottantes, les a étudiés ensuite sous un autre point de vue et les a divisés en détritus non stratifiés des Grampians, résultant de la désagrégation

---

(1) *On the geological evidence*, etc. Sur l'évidence de l'ancienne existence des glaciers dans le Forfarshire. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 337. Déc. 1840.)

des roches sous-jacentes, puis en matériaux non stratifiés avec blocs, à la base des collines, et constituant des terrasses, à sommet presque plat, et quelquefois avec deux côtés escarpés, l'un vers la rivière, l'autre moins élevé vers la montagne; enfin en graviers stratifiés avec sable et argile qui recouvrent les dépôts précédents.

Les terrasses ou remparts latéraux, qui s'accroissent généralement en largeur et en profondeur lorsqu'on descend les vallées, atteignent parfois vers le bas de celles-ci une épaisseur de 30 mètres. La base n'est jamais stratifiée, mais formée de boue et de sable enveloppant des fragments considérables, anguleux ou non, et plus ou moins arrondis, suivant qu'ils sont plus ou moins éloignés du lieu de leur origine; ces blocs sont plus fréquemment aplatis que ceux qui ont été roulés par les eaux. Dans la partie supérieure des terrasses, les matériaux sont les mêmes, mais ils y sont stratifiés, ayant été accumulés comme les barres à l'entrée des rivières; et dans leur ensemble ces digues sont comparables à celles de la Suède, formées aussi sous les eaux.

Une des particularités les plus remarquables que présentent les détritus incohérents et superficiels du Forfarshire et du Perthshire est une sorte de courant ou traînée de blocs et de cailloux, de trois milles de largeur et qui s'étend sur une longueur de vingt-quatre milles, de Dunkeld à Lunan-Bay. Aucune grande rivière ne suit cette direction qui est seulement marquée aujourd'hui par des lacs et des moraines. Le peu d'élévation de cette digue au-dessus de la mer fait penser à M. Lyell que ses matériaux ont été déposés par des glaces flottantes descendues des Grampians et des montagnes environnantes.

Les digues ou terrasses précédentes, dans lesquelles on n'a point trouvé de fossiles, se coupent quelquefois à angle droit, et l'on peut regarder celles qui courent dans le sens de la vallée comme des moraines latérales et médianes, les autres comme des moraines transversales ou terminales.

Après avoir cherché à détruire les objections que cette explication pouvait faire naître, le savant géologue anglais s'occupe d'autres digues de débris stratifiés, d'abord entre le lac de Lundie et le golfe de Murray, puis sur la côte à l'est et à l'ouest de Dundee. Ces dernières, élevées de 7 à 12 mètres au-dessus de la mer, sont formées d'argiles stratifiées et de gravier renfermant des coquilles marines, toutes, à une seule exception près, identiques avec des espèces vivantes. Ces lits de coquilles paraissent être du même âge

que ceux des bords de la Clyde, et le *till* avec les graviers stratifiés représenterait les digues et les dépôts de certains lacs dans lesquels les débris de testacés, de quadrupèdes et de plantes proviennent d'espèces qui ont leurs analogues dans la faune et la flore actuelles du pays. Il ne faut pas oublier que, pour les personnes qui regardent le *till* comme un produit immédiat des glaciers, ce dépôt non stratifié doit nécessairement être antérieur aux lits de coquilles.

Dans le district de Sidlaw-Hills, il y a une grande quantité de blocs provenant des Grampians. Cette chaîne, qui atteint 460 mètres d'élévation et qui est formée de couches redressées et contournées du vieux grès rouge, associées à des trapps, est recouverte par l'argile du *till*, comme tout le pays entre Strathmore et la Tay. On voit des blocs considérables à 300 mètres de hauteur entre Lumley-Den et Lundie; il y en a même sur le point culminant des Sidlaw-Hills, à plus de 460 mètres d'altitude.

M. Lyell indique ensuite quelques unes des conditions climatologiques sous lesquelles ont pu se former les glaciers anciens de l'Écosse, et distingue trois phases dans leur existence: le commencement de la période, sa continuation avec une intensité complète de froid, puis sa diminution graduelle. Lors de la première influence d'une basse température, les sommets seuls des plus hautes montagnes étaient couverts de glaces qui auraient fondu dans les plaines situées au-dessous, comme actuellement en Suisse et au Chili, entre le 40° et le 50° de lat. N. et S. L'abaissement de la température augmentant, les glaces s'avancèrent, poussant en avant les moraines terminales, comblant les lacs et les autres cavités, jusqu'à ce qu'elles eussent atteint la mer. Pendant la seconde période, lorsque le mouvement des glaces était devenu très faible, les neiges couvrirent les vallées et les plaines sur une grande épaisseur. Les pics les plus élevés et les précipices des montagnes restèrent à découvert, et les blocs détachés de ces parties furent transportés à des distances considérables sur les surfaces gelées. Enfin lors de la rupture des glaciers et de leur retraite graduelle, les blocs furent déposés sur les divers points où nous les voyons, et les moraines ou débris latéraux et transverses furent successivement déposés aussi. Les lacs qui se sont formés accumulèrent sous leurs eaux les matériaux stratifiés dans la position où on les trouve encore, et ils s'écoulèrent ensuite par la rupture ultérieure de leurs barrières.

Nous n'examinerons point ici la valeur des explications que nous

venons de rapporter; le nom de leur auteur pourrait être une garantie de leur probabilité, et nous y reviendrons en traitant d'une manière plus générale de la théorie des anciens glaciers, et en opposant alors les unes aux autres les opinions diverses dont ils ont été l'objet. M. Murchison (1) a rejeté d'ailleurs cette théorie telle que nous venons de la voir appliquée aux basses contrées de l'Écosse par MM. Agassiz et Buckland, et il a réfuté également (2) les observations de M. Maclaren sur les roches striées de Crostorphim-Hills près d'Édimbourg (3).

De son côté, M. Maclaren (4) a fait remarquer que toutes les parties élevées de la colline d'Arthur's Seat, qui étaient exposées à un courant venant de l'O., sont unies et présentent des surfaces arrondies, quelquefois striées. Les blocs erratiques ne se voient que dans les dépressions situées au-delà des parties proéminentes du sol. En outre les surfaces polies se rencontrent sur toutes les collines basses du bassin du Forth. Dans cette vallée, partout où les roches ne sont pas très fissurées ou susceptibles d'altération, la surface mise à découvert est sillonnée ou striée, et les parties saillantes semblent avoir été soumises à un frottement par le passage de pierres dures. Sir J. Hall (5) avait appelé le premier l'attention sur ces faits. Plus tard, M. Maclaren (6) a encore signalé des roches polies et striées sur les bords du Gave-Loch, à 25 milles de Glasgow, près du golfe de la Clyde. Les stries, dirigées toutes S.-S.-E., coupent presque à angle droit les feuillets des schistes cristallins. Elles se voient au-dessous du niveau actuel des eaux, et

(1) *Rep. 12th Meet. brit. Assoc. at Manchester*, 1842. (Londres, 1843.)— *Ann. des sciences géologiques*, vol. I, p. 779. 1842.

(2) *Rep., ibid.*, p. 53.

(3) *The Scotman*, Newspaper. — *Sketch of the glacial theory*, etc.

(4) *A Sketch of the geology of Lothian*, etc. Esquisse de la géologie du Lothian, etc., p. 45. 1839.

(5) *Transact. roy. Soc. of Edinburgh*, vol. VII.

(6) *L'Institut*, 1er juillet 1846. — Voyez aussi : Ch. Maclaren, *On the existence*, etc. Sur l'existence des glaciers et des glaces flottantes en Ecosse, à une époque ancienne. (*Edinb. new phil. Journ.*, vol. XL, p. 125. 1846.) — *Id.*, *Further evidence*, etc. Nouvelles preuves de l'existence d'anciens glaciers en Ecosse. (*The Scotman*, 1846.) — J. Smith, *On the scratched boulders*, etc. Sur les blocs de transport et les roches striées du bassin houiller de l'Ecosse. (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 33. 1846.)



jusqu'à 140 mètres au-dessus. Il y a de plus des sillons de 1 mètre à 1^m,10 de longueur sur 0^m,05 à 0^m,08 de profondeur. Quelques monticules offrent l'aspect des roches moutonnées des Alpes, mais leur côté sud est constamment raboteux et sans traces de frottement ni d'usure.

De nouvelles preuves à l'appui du phénomène en question ont été apportées par M. W. Kemp, dans ses *Observations sur les derniers changements géologiques éprouvés dans le district de Galashiels dans le sud de l'Écosse* (1), et M. Cumming (2) a fait voir que, dans l'île de Man, la surface des roches recouvertes par des dépôts quaternaires était polie et striée, de même que les blocs des roches du pays, enveloppés dans l'argile coquillière. Des traces attribuées à d'anciens glaciers ont aussi été mentionnées par M. J. D. Forbes, dans sa *Note sur la topographie et la géologie des collines de Cuchullin* (île de Sky) (3).

Sur beaucoup de points de la côte du Northumberland, et en particulier près de Newcastle, dit M. Buckland (4), le *till* recouvre les roches de la formation carbonifère, et l'on trouve des restes de moraines vers le pied oriental des monts Cheviots. D'après le même géologue, les preuves de l'action des glaciers seraient encore fréquentes dans les montagnes du Cumberland et du Westmoreland. On en observe en avant des gorges à travers lesquelles les eaux des lacs s'échappent comme en Écosse et dans le Northumberland. Ainsi près de Penrith, il y a de grandes moraines chargées d'énormes blocs de porphyres et de schistes, produites par des glaciers qui descendaient des hautes vallées du flanc oriental d'Helvellyn. Au sud de ces montagnes, dans le Westmoreland et le Lancashire, des accumulations semblables de débris se voient sur une grande échelle. Dans la vallée de Kendal, les moraines entières ou déformées sont très répandues ainsi que sur d'autres points du Cumberland. Vers le centre du district des lacs, on remarque des moraines médianes fort étendues, et qui ont été formées par des glaciers à la jonction des vallées de la Greta et de Dervent-Water. Quant aux blocs de granite de Criffle qui forment une accumula-

---

(1) *The London and Edinb. phil. Magaz.*, vol. XVIII, p. 388. 1841. — *Ib.*, vol. XXIII, p. 28. 1843.

(2) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 335. 1846.

(3) *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XL, p. 76. 1846. — In-8, Édimbourg, 1845.

(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 337. 1840.

tion si remarquable à Shalkbeck, entre Carlisle et Cockermouth, ils auraient été transportés sur des glaces flottantes à travers le golfe du Solway.

Angleterre. Après avoir examiné la portion du Caernarvonshire appelée plus particulièrement Snowdonie, et comparé les sept vallées qui rayonnent du Snowdon et de ses parties adjacentes, M. Buckland (1) a décrit avec soin chacune de ces vallées et il ne doute pas que les roches arrondies, sillonnées, cannelées, striées et polies qu'il a observées sur leurs flancs et leur fond, de même que les accumulations de détritus en forme de digues avec des blocs à la surface, ne soient le résultat d'anciens glaciers. On doit remarquer que les deux seuls exemples reconnus pour des dépôts analogues à des moraines sont sur le côté sud-est de la chaîne, et que sur ce même côté il n'y a aucune trace de ces matériaux apportés de loin, tandis que sur la pente nord-ouest on trouve des cailloux de granite et d'autres roches venant d'Anglesea, du Cumberland ou d'Irlande associés à des coquilles marines d'espèces encore vivantes. Aussi l'auteur s'est-il attaché à prouver que, si certains phénomènes ne peuvent être attribués qu'à l'action des glaciers, il en est d'autres qui exigent, pour leur explication, l'intervention de puissants courants et celle des glaces flottantes.

Pour M. Bowman (2), il n'y aurait aucune trace d'anciens glaciers dans le pays de Galles. Les surfaces usées et striées qu'on y a signalées seraient disposées dans le sens du méridien magnétique, et résulteraient d'actions magnétiques ou électriques qui, lors de leur solidification, auraient fait prendre aux molécules une direction polaire. Il est probable que les traces dont il est ici question et qui se prolongent dans l'intérieur de la roche, sont différentes de celles que les partisans des glaciers ont observées dans le même pays.

M. R. W. Byres (3) a insisté, comme M. Ch. Darwin (4), sur la réalité de ces dernières à Porth-Treiddyn, dans le Caernarvonshire;

---

(1) *On the glaciar diluvial phenomena*, etc. Sur l'action diluviale glaciaire dans la Snowdonie et les parties adjacentes du nord du pays de Galles. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 579.)

(2) *The London and Edinb. phil. Magaz.*, vol. XIX, p. 469. 1841.—*Ann. des sciences géol.*, vol. I, p. 108. 1842.

(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 370. 1844. — *Quart. Journ. id.*, vol. I, p. 218. 1845.

(4) *Nota on the effects*, etc. Note sur les effets produits par les anciens glaciers du Caernarvonshire et les blocs transportés par les glaces flottantes. (*Phil. Magaz.*, n° 137, p. 180. 1842.)

mais M. A. F. Macintosh (1) s'est efforcé de réfuter l'opinion de M. Buckland, et regarde les surfaces arrondies des roches comme le résultat d'une action sous-marine et non d'anciennes glaces; les autres traces seraient dues à la structure même des roches, à leur altération, à leur transport par les eaux, ou à des effets de gelée et de dégel, de neige, etc. Les sillons ou cannelures sont toujours parallèles au clivage, et correspondent à une série de lignes étroites, ou *joints*, appelées *water splite* par les ouvriers.

M. T. Oldham (2), qui, comme on l'a vu, s'est occupé des dépôts coquilliers quaternaires de l'Irlande, a toujours trouvé qu'au-dessous les roches en place étaient polies, striées et sillonnées. Ces traces de frottement s'observent depuis le niveau actuel de la mer jusqu'à une grande hauteur sur les flancs des collines. **Irlande.**

Ainsi que nous l'avons dit en commençant, les phénomènes qui, à partir du sillonnement et du polissage des roches, se sont manifestés dans les Iles Britanniques pendant la période quaternaire, quoique présentant des résultats assez différents, ne sont point cependant susceptibles de distinctions bien générales ni d'un classement absolu par rapport au temps où ils se sont passés. Nous observons tantôt l'influence d'une action dont l'origine était située à une certaine distance en dehors de ces îles, tantôt au contraire des effets dont la cause existait sur les lieux mêmes où nous les trouvons. Sur d'autres points ces effets se sont mêlés et enchevêtrés, ou bien ils sont restés indépendants et séparés. En Irlande, en Écosse et dans le pays de Galles, les matériaux du diluvium ont été fournis par les roches du pays; dans la dépression qu'occupe le nouveau grès rouge, au contraire, entre la mer d'Irlande et le canal de Bristol, il y a des roches apportées des parties septentrionales de la Grande-Bretagne, de même que dans les comtés de l'est on rencontre, avec des roches de tous les terrains du centre de l'Angleterre, des débris qui paraissent venir de la Scandinavie. Mais à ce dernier égard, **Résumé des sections précédentes.**

---

(1) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 460. 1845 — Voyez aussi : J. Davy, *Observations chiefly meteorological*, etc. Observations principalement météorologiques faites à Ambleside (Westmoreland), en 1843-45, avec un article sur l'existence d'anciens glaciers dans le Cumberland. (*Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXXIX, p. 1. 1845.

(2) *Rep. 14th Meet. brit. Assoc. at York*, 1844, p. 57 des *Notices*.

nous ne possédons encore que des assertions vagues. En Irlande on a vu que le transport des matériaux avait été effectué du N.-O. au S.-E.; cependant, sur quelques points, il y a des preuves qu'il a eu lieu en sens inverse. Dans la dépression qui sépare l'Angleterre proprement dite du pays de Galles, les débris ont été charriés du N. au S., et dans les comtés de l'est on en trouve qui ont dû venir du N.-E. et du N.

Au sud de la Tamise, excepté dans la falaise de Brighton, tous les détritus sont locaux, et les agents qui ont transporté de si loin les roches anciennes et cristallines du diluvium du Suffolk, du Norfolk et des comtés situés plus au nord, semblent s'être arrêtés devant la faible barrière qu'opposaient les collines des *North-Downs* du Kent et du Sussex, et celles qui continuent vers l'O. la ligne de partage des eaux. Les stries et les roches polies ne paraissent pas non plus avoir été constatées dans les parties du sud-ouest de l'Angleterre où la nature des roches aurait permis de les retrouver si elles y avaient jamais existé.

La ligne de partage très sinueuse des eaux qui se jettent à l'E. dans la mer du Nord, et à l'O. dans la mer d'Irlande et le canal de Bristol, n'aurait pas été non plus sans influence sur la distribution du *drift*, malgré les mouvements du sol pendant l'époque quaternaire. A l'est, dans le Norfolk, des dislocations très prononcées ont eu lieu après le dépôt des couches meubles; sans doute il y en a eu aussi à l'ouest, puisque des coquilles d'espèces vivantes ont été portées à plusieurs centaines de mètres au-dessus de la mer; mais dans cette dernière partie leurs effets mécaniques n'ont pas encore été suffisamment étudiés.

L'ensemble des faits observés permet de penser que le plus grand nombre des dépôts coquilliers marins a succédé au phénomène qui a poli et strié les roches, bien que nous ayons vu le *till* de l'Écosse formé avant les sables et les graviers coquilliers des bords de la Clyde; puis, viennent les dépôts lacustres avec les nombreux débris de grands mammifères dont quelques uns se montraient déjà dans les couches marines du nord et qui sont fréquents dans celles du sud, peut-être moins anciennes. Si la succession des phénomènes a été régulière, il est difficile de croire que le *drift* proprement dit, qui ne renferme plus de coquilles marines lorsqu'il est très puissant, comme dans la partie orientale de l'Angleterre, ait été accumulé en entier sous les eaux de la mer, car

celles-ci auraient donné à l'arrangement des détritus les caractères de stratification qui ne manquent jamais, et y auraient laissé des traces de corps organisés qui manquent si rarement.

Il reste donc à déterminer encore dans les Iles-Britanniques ceux des résultats dont nous avons parlé, qui ont été contemporains, et ceux qui ont été séparés par un laps de temps plus ou moins long; à retrouver l'origine et le point de départ de chaque bloc, des cailloux et des graviers qui sont étrangers au sol sur lequel on les rencontre, pour tracer la route qu'ils ont parcourue; à s'assurer enfin si les stries et les surfaces polies n'ont pas été produites sur d'autres points que ceux assez restreints où elles ont été reconnues, et si ces stries divergent de certains centres, ou bien sont disposées en lignes droites suivant une ou plusieurs directions générales. Ce n'est que par une étude préalable de ces faits et par des mesures précises et comparées de tous les points des côtes qui ont changé de niveau que l'on pourra remonter ensuite aux causes premières, et en déduire avec probabilité, si les phénomènes ont été simples ou complexes, contemporains ou successifs, faibles ou énergiques, lents ou rapides.

§ 5. Cavernes à ossements et brèches osseuses.

La caverne de Yealm-Bridge, à six milles au sud-est de Plymouth, a été détruite en partie, mais elle laissait encore voir, dit M. Mudge (1), dans ce qui a été conservé, un limon avec ossements et cailloux, une argile blanchâtre dure, du sable et de l'argile rouge, puis un sable argileux. Les os trouvés seulement dans le limon provenaient d'éléphants, de rhinocéros, de chevaux, de bœufs, de moutons, d'hyènes, de chiens, de loups, de renards, d'ours, de lièvres, de rats-d'eau et d'un très grand oiseau. Il y avait en outre des coprolithes. Beaucoup de ces os étaient brisés et rongés. On n'a rencontré que deux dents d'éléphant et un os douteux de rhinocéros, mais les restes d'hyène, surtout les dents, étaient plus nombreux que ceux de tous les autres animaux. Les dents et les ossements de cheval et de bœuf s'y trouvaient aussi en grande quantité. Les cailloux répandus dans le limon ossifère proviennent des limites du district de Dartmoor et diffèrent de ceux que l'on rencontre dans le lit actuel de la Yealm. Une autre caverne, située à

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 399.

peu de distance de la précédente, n'a point présenté de débris de quadrupèdes.

M. R. A. C. Austen (1), qui a décrit plusieurs cavernes à ossements du Devonshire, a conclu de certaines considérations sur les mœurs des animaux carnassiers, que les cadavres des pachydermes, des ruminants, etc., avaient dû être entraînés dans ces cavernes par des *Felis* très forts, et que les hyènes rongeaient les os après que les autres carnivores avaient assouvi leur faim et pendant qu'ils étaient absents pour chercher de nouvelles proies. Suivant le même géologue (2), les cavernes à ossements, les brèches osseuses et les fentes remplies n'appartiendraient point à la même époque ni au même genre de phénomène. Les cavernes auraient été habitées par les animaux comme celles de Kent's-Hole, d'Austie et d'Yealmpton; toutes les brèches ou réunions superficielles de fragments anguleux associés à des os d'animaux constitueraient une seconde époque; enfin, de grandes fissures dans les roches calcaires, comme celles de Chudleigh et de Plymouth, occupées jusqu'à leur orifice par des brèches osseuses, mais s'élargissant souvent pour former des cavités remplies de limon, d'os et de débris dont la disposition montre qu'ils ont été introduits par la fente verticale, seraient l'effet d'une troisième et dernière époque.

Les cavernes à ossements proprement dites, telles que celle de Torquay, sont du temps où vivaient dans le pays des animaux éteints aujourd'hui, ou qui y sont étrangers. Les accumulations dans les fentes, ou en relation avec elles, sont dues à quelques changements survenus à la fin de cette même époque. Dans la caverne de Kent's Hole, près Torquay, on trouve, sous une couche épaisse de stalagmite qui ne se forme plus, un lit d'argile reposant sur la roche calcaire qui constitue la paroi dans la cavité. On a recueilli dans cette argile non stratifiée, beaucoup d'ossements d'éléphant, de rhinocéros, de bœuf, de daim, de cheval, d'ours, d'hyène, et un très grand carnassier. Sur les divers points de la caverne, comme dans toute l'épaisseur de la couche argileuse, des ossements

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 286.
(2) *On the geology*, etc. Sur la géologie du sud-est du Devonshire. (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 442.— Voyez aussi : H. T. de La Bèche, *Report on the geol. of Cornwall*, etc., p. 395, in-8. 1839. — *Id.*, *Manuel géologique*, trad. française, p. 206. — Ed. Vivian, *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 12, p. 353. 1847.

humains et des objets d'industrie, tels que des flèches ou des couteaux en silex, se trouvaient mélangés avec les débris des animaux précédents.

M. Austen pense que ce sont les grands carnassiers qui ont apporté les os dans la caverne, et, après avoir discuté toutes les circonstances relatives à la présence des ossements humains, il conclut de leur position constante sous la couche de stalagmite, de leur isolement les uns des autres et de leur association à ceux des animaux, qu'ils sont contemporains du phénomène qui a rempli la caverne et qu'ils y ont été apportés par les mêmes circonstances que tous les autres.

Dans la caverne de Berry-Head, à la pointe sud de la baie de Tor, M. Bartlett (1) a recueilli, dans une couche de limon de 1m,20 d'épaisseur, des coquilles terrestres, quelques coquilles marines de la côte, des ossements d'animaux domestiques, des os humains et des débris de poteries. Au-dessous, les débris d'éléphants et d'autres grands animaux étaient fort abondants. Ainsi dans cette cavité, très voisine de la précédente, il n'y avait point de mélange entre les ossements humains et ceux des mammifères éteints, et l'on peut présumer que celui qu'a observé M. Austen résultait de quelques circonstances particulières qui n'impliqueraient pas nécessairement la contemporanéité des uns et des autres. La couche de stalagmite, quoique ne se formant plus, n'est point prouvée par cela seul être antérieure à l'époque actuelle.

M. Buckland a également contesté la contemporanéité, invoquée par M. Austen, des débris humains et des objets d'industrie avec les animaux éteints trouvés dans la caverne de Ash-Hole. Diverses remarques ont aussi été publiées par M. Traill sur la caverne à ossements de Cefn dans le Denbighshire (2).

§ 6. Paléontologie.

Les ossements d'ours, fort nombreux sur le continent, sont très rares dans la Grande-Bretagne où dominent les débris d'hyène, tandis que ces derniers sont peu répandus dans les cavernes à os- Travaux de M. R. Owen.

(1) *Rep. 12th Meet. brit. Assoc. at Manchester*, 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 784. 1842.

(2) Voyez encore pour l'Irlande, J. Bryce, *On some caverns bones*, etc. Sur quelques cavernes à ossements humains de la chaussée des Géants. (*Rep. 4th Meet. brit. Assoc. at Edinburgh*, 1834,

sements de l'Allemagne. M. R. Owen (1), dans son beau rapport sur les mammifères fossiles d'Angleterre, a indiqué toutes les cavernes dans lesquelles des os d'hyène avaient été trouvés, et il a fait remarquer que l'espèce à laquelle ils ont appartenu ressemblait plus à l'*H. crocuta*, de l'Afrique méridionale, qu'à celle du nord de ce continent et de l'Asie mineure. La caverne de Kirby-Moorside en a surtout présenté une immense quantité. On la rencontre d'ailleurs dans le *drift* ou diluvium, aussi bien que dans les cavernes.

Les cétacés appartiennent aux couches de graviers contiguës aux estuaires ou aux grandes rivières, et se rencontrent aussi dans les graviers diluviens et l'argile sous-jacente. Le célèbre zoologiste anglais a fait observer encore (2) que dans toutes les collections de fossiles provenant des tourbières, du lit des rivières, des attérissements modernes, etc., où l'on a trouvé quelques débris de l'espèce humaine et des produits de son industrie, il n'a jamais reconnu de traces évidentes d'une espèce animale éteinte, et que la plupart de celles qu'on y a constatées étaient des ossements de quadrupèdes domestiques. Dans les marais, les tourbières et les étangs, les débris de mammifères indiquent, en général, des espèces récentes, mais qui ont été détruites presque toutes dans l'île, comme le loup, l'ours et le castor, ou bien qui y vivent aujourd'hui à l'état sauvage ou à l'état domestique, comme le renard, le sanglier, le bœuf à cornes courtes, le bouc, etc.

Les marnes lacustres, placées sous les marais et recouvrant les lits de coquilles marines quaternaires, renferment des espèces éteintes (*Cervus megaceros*, *Urus priscus*, etc.), appartenant à des genres qui existent encore en Europe ou même dans les Iles-Britanniques. A cette éqoque et pendant tout le temps que ces lacs mirent à se changer en cours d'eau ou rivières, les dépôts qui se formaient ensevelirent une faune entière de mammifères (3). Le Mastodonte avait alors disparu, mais il y avait le Mammouth,

---

p. 658.)—T. Andrews, *On some caves*, etc. Sur quelques cavernes dans l'île de Rathlin et la côte voisine du comté d'Antrim. (*Ib.*, p. 660.)

(1) *Rep.* 12th *Meet. brit. Assoc. at Manchester*, 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol., I, p. 784. 1842.

(2) *Rep.* 13th *Meet. id. at Cork*, 1843, p. 208.

(3) *Sur la distribution géographique des mammifères dont les races sont éteintes* (Leçon du professeur Owen, *The Athenæum*, n° 955. — *L'Institut*. 28 oct. 1846).

l'hippopotame, le rhinocéros, l'urus, le bison, le bœuf, le *Megaceros*, le *Strongyloceros*, l'*Hippelephas*, le renne, la chevrette, le cheval, l'âne et le sanglier; parmi les carnivores, le lion ou le tigre, le *Machairodus*, le léopard, le chat, l'hyène, l'ours, le loup, le renard, le blaireau, la loutre, le putois, la belette; parmi les insectivores, la chauve-souris, la taupe, le *Palæospalax*; parmi les rongeurs, le castor, le lièvre, le rat, la souris, le *Lagomys*, le *Trogonthère* (éteint); parmi les cétacés, le cachalot, le narval, la baleine, etc. Ces débris n'ont point été entraînés à la suite d'une révolution subite et violente, mais les animaux auxquels ils appartenaient ont dû vivre sur les lieux mêmes où on les rencontre, et cela pendant plusieurs générations, comme le prouvent leur abondance dans des dépôts lacustres formés tranquillement, l'intégrité parfaite des ossements qui n'ont été ni frottés ni usés par l'action des eaux, la grande quantité de bois de cerfs à différents âges, en rapport avec les ossements des mêmes animaux, et enfin l'existence de coprolithes semblables à ceux des cavernes de Kirkdale, etc.

Les couches lacustres de Clacton (Essex), de Mundesley et d'autres localités de la côte de Norfolk, ont offert des mammifères éteints des genres *Canis*, *Ursus*, *Felis*, *Putorius*, *Arvicola*, *Castor*, *Equus*, *Bos*, *Cervus*, représentés par des espèces européennes, et d'autres appartenant aux genres *Elephas*, *Hyæna*, *Rhinoceros*, confinés actuellement dans les parties chaudes de l'Asie et de l'Afrique. Quelques sous-genres d'insectivores et de rongeurs découverts dans les lignites de Bacton, sur la côte de Norfolk, n'ont plus aujourd'hui de représentants.

Près de Gray's-Turrock (Essex) des restes fossiles appartenant à un quadrupède du genre Macaque ont été trouvés mêlés à des débris d'éléphant, de rhinocéros, de bœuf, etc. Jusqu'alors on ne connaissait de quadrumanes fossiles que dans le terrain tertiaire inférieur et moyen (1); peut-être le grand singe platyrrhinin, découvert par M. Lund, dans une des cavernes du Brésil, se trouverait-il contemporain du Macaque d'Angleterre (2).

---

(1) La place des couches ossifères des collines Siwalick, de l'île de Périm, etc., dans l'Inde, où des ossements de quadrumanes ont été trouvés, n'est pas encore bien déterminée dans la série tertiaire.

(2) *Compt. rend.*, vol. XXI, p. 573. 1845. —Voyez aussi : *Notice of the occurrence*, etc. Notice sur la présence de débris fossiles du *Megaceros hibernicus* et du *Castor europæus* dans les dépôts *pleistocenes*, à Ilford et Grays-Thurrock, par R. Owen. (*Quart. Journ.*

Le diluvium ou les graviers et cailloux roulés (*drift*), et l'argile avec blocs (*till*), renferment des espèces dont les genres ont encore des représentants, mais qui ne vivent plus dans la Grande-Bretagne ni en Europe (*Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Hippopotamus major*, *Hyæna spelæa*, etc.). On a vu que la plupart des coquilles contemporaines de ces mammifères avaient encore leurs analogues vivants, mais elles indiquent une température plus basse que celle de la zone où vivent aujourd'hui les grands pachydermes.

L'association des mammifères fossiles dans les cavernes à ossements de la Grande-Bretagne étant la même que dans les dépôts lacustres et diluviens, on en doit conclure que leur introduction correspond à l'enfouissement des débris précédents dans les couches quaternaires, ou que les uns et les autres étaient contemporains.

En comparant la faune des mammifères quaternaires d'Angleterre avec celle de l'Europe et de l'Asie, M. R. Owen (1) a reconnu entre elles une correspondance remarquable, de même qu'entre la faune des mammifères éteints de cette époque et celle de nos jours. La faune diluvienne des Iles-Britanniques est presque aussi riche dans ses formes spécifiques que celle de l'Europe, et porte à croire que le canal de la Manche n'existant point encore, aucune barrière ne s'opposait à la migration vers l'O. des Mastodontes, éléphants, rhinocéros, hippopotames, bisons, chevaux, tigres, hyènes, ours, etc., dont les ossements se montrent partout dans les dépôts superficiels. Aujourd'hui le continent asiatico-européen nourrit des espèces de presque tous les genres qui sont représentés par des mammifères fossiles dans les couches quaternaires du même continent et de l'île de la Grande-Bretagne qui lui est contiguë. L'auteur explique leur extinction dans cette dernière, en supposant que les mouvements qui l'ont séparée de la terre-ferme en ont submergé une partie, et qu'ils ont restreint les moyens d'existence des grands animaux qui y vivaient, leur ont ôté la

---

geol. Soc. of London, n° 13, p. 42. Fév. 1848. — H. D. Richardson, *Facts concerning*, etc. Faits concernant l'histoire naturelle du daim gigantesque d'Irlande, in-8. 1846. — Nolan et Glannon, (*Dublin Evening Post*, 14 nov. 1846. — *Dublin farmers' Gazette*, 28 nov. 1846.)

(1) *Report of the extinct mammals*, etc. Rapport sur les mammifères éteints de l'Australie. (*Rep.* 14th *Meet brit. Assoc. at York*, 1844 (Londres, 1845), p. 17, 6 planches. — L. Horner, (*Address delivered*, etc. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 216).

possibilité de retourner sur le continent, ont fait diminuer le nombre de certains d'entre eux et ont anéanti les autres. Le manque de nourriture végétale suffisante a dû contribuer aussi à l'extinction des quadrupèdes herbivores et en même temps à celle des carnivores dont ils étaient la proie, de manière qu'ils avaient tous cessé de vivre lorsque l'homme arriva dans le pays.

Nous avions déjà essayé d'établir, il y a quelques années (1), que la formation du canal de la Manche avait eu lieu après le dépôt des cailloux roulés diluviens et avant celui de l'alluvion ancienne : or, les considérations de M. Owen, de même que la présence de nombreux débris d'éléphants dans les anfractuosités du sol sous-marin du Pas-de-Calais, semblent confirmer cette manière de voir; mais rien ne nous prouve une extinction graduelle des pachydermes et des carnassiers, telle que la suppose le savant zoologiste, après la formation du détroit. Nous pensons, au contraire, que la destruction de la faune quaternaire a eu lieu dans les Iles-Britanniques en même temps que dans l'ouest de l'Europe, par une action du même genre, et dont la rupture de l'isthme, qui existait entre Calais et Douvres, est encore une conséquence, ainsi que l'émersion et non l'immersion d'une partie des côtes d'Angleterre, d'Écosse et d'Irlande. Nous aurons d'ailleurs souvent occasion de signaler par la suite de nombreux anachronismes dans les relations établies entre les faits et les causes, lorsqu'on s'est occupé des phénomènes de l'époque quaternaire.

D'après M. Owen, sur environ 50 espèces de mammifères fossiles appartenant à cette époque en Angleterre, 17 étaient éteintes avant les temps historiques; 5 ont été détruites de mémoire d'homme, ce sont le *Canis lupus* (loup), le *Castor europæus* (castor), le *Cervus tarandus* (renne), le *Bison priscus* (aurochs) et le *Bos primigenius* ou grand *Urus* qui est aussi éteint sur le continent. 26 espèces dont les débris fossiles prouvent qu'elles étaient contemporaines du Mammouth (*Elephas primigenius*) vivent à la fois en Angleterre et sur le continent européen (2 espèces de chauves-souris, taupe, blaireau, loutre, renard, chat-sauvage, souris, lièvre, cheval, cerf rouge, chevrette), et de ce côté du détroit on trouve le renne, le castor, le loup, le *Lagomys* et l'aurochs de Russie identique avec l'aurochs fossile d'Angleterre. On ne connaît point jusqu'à présent de reptiles dans les dépôts diluviens de ce dernier pays.

(1) D'Archiac, *Bull.*, vol. X, p. 222. 1839.

Travaux de M. Ed. Forbes.

M. Edwards Forbes, dont nous avons déjà eu occasion de rappeler les recherches importantes sur la distribution des animaux dans les profondeurs de la mer (*antè*, vol. I, p. 397), a considéré la flore d'Angleterre sous un point de vue qui se rattache à la géologie et plus particulièrement à l'époque quaternaire. Ce travail considérable (1), qui a vivement intéressé les botanistes par l'originalité des aperçus qu'on y trouve, doit aussi fixer un instant notre attention. Nous suivrons dans son analyse la marche que l'auteur a adoptée, et en distinguant avec soin des résultats de l'observation directe que nous sommes tout disposé à admettre quelques explications qui nous paraissent de nature à soulever des objections sérieuses.

En supposant la diffusion des êtres de certains centres primitifs, M. Ed. Forbes pense que les agents ordinaires de transport tels que les cours d'eau terrestres et les courants marins, les vents, les animaux, et en dernier lieu l'influence de l'homme, ne suffisent pas pour rendre compte, dans le plus grand nombre des cas, de la ressemblance de certaines flores locales très éloignées aujourd'hui les unes des autres; aussi s'est-il proposé de démontrer qu'il y avait eu autrefois, entre ces diverses régions, des communications successivement établies par des oscillations du sol, puis rompues ensuite, ce qui n'est d'ailleurs que le développement de l'idée déjà formulée par M. Wilson.

Les végétaux des Iles-Britanniques se groupent en cinq flores distinctes, dont quatre sont concentrées dans des provinces déterminées, et la cinquième, qui occupe exclusivement une grande surface, s'étend aussi plus loin en se mêlant avec les quatre autres. La première de ces flores est la plus restreinte et se trouve confinée dans les districts montagneux de l'ouest et du sud-ouest de l'Irlande. Elle est caractérisée par des espèces peu fécondes, et le point le plus rapproché de l'Europe, d'où elle semble provenir, serait le nord de l'Espagne. Il ne paraît pas y avoir de faune ou d'association d'animaux correspondant à cette flore.

---

(1) *On the connexion betwen distribution*, etc. Sur la connexion entre la distribution de la faune et de la flore actuelles des Iles-Britanniques et les changements géologiques qui ont affecté leur surface, particulièrement pendant l'époque du *drift* du Nord. (*Rep. 15th Meet. brit. Assoc. at Cambridge*, 1845 (Londres, 1846), p. 67 des *Notices*. — *Mem. of the geological Survey of great Britain*, p. 336, in-8. Londres, 1846.)

La seconde flore, celle du sud-est de l'Irlande et du sud-ouest de l'Angleterre, comprend un certain nombre d'espèces qu'on ne trouve point ailleurs dans les Iles-Britanniques; mais elle est dans un rapport intime avec celle des îles de la Manche et des parties voisines de la France. Quelques coquilles terrestres affectent une distribution correspondante.

Dans le sud-est de l'Angleterre, où la craie est particulièrement développée, les végétaux de la troisième flore montrent un grand nombre d'espèces communes à ce district et aux côtes opposées de la France. Les caractères de la faune entomologique sont en rapport avec l'existence de cette flore, et il en est de même des coquilles terrestres confinées à ce district, ou s'étendant très rarement au-delà.

Les plantes des montagnes d'Écosse qui composent la quatrième flore sont peu nombreuses au sud, dans le Northumberland et le pays de Galles, mais elles sont toutes identiques avec celles des chaînes du nord, telles que les Alpes scandinaves, où l'on trouve en outre associées avec elles des espèces qui ne se montrent point dans les Iles-Britanniques. Les formes alpines diminuent progressivement du nord au sud, et la même distribution paraît exister pour la faune de la région montagneuse.

Enfin la cinquième flore, soit seule, soit associée aux autres, est identique à celle de l'Europe centrale et occidentale ou *flore germanique*, et la faune qui l'accompagne diminue en s'avançant vers le nord et vers l'ouest.

Ce n'est qu'après le dépôt de l'argile de Londres ou du terrain tertiaire inférieur que les migrations des plantes et des animaux dont on vient de parler peuvent avoir commencé, la température ayant auparavant favorisé le développement d'êtres organisés très différents. Ces migrations doivent aussi avoir eu lieu avant l'apparition de l'homme, car les tourbières, composées de débris des vastes forêts, qui pendant les temps historiques les plus reculés occupaient une grande partie de la surface actuelle des Iles-Britanniques, recouvrent les marnes d'eau douce avec *Cervus megaceros*, etc., lesquelles surmontent à leur tour les dépôts *tertiaires pleistocènes* formant le lit soulevé de la mer lors de la *période glaciale* (1).

Pendant l'époque quaternaire (*post-pliocene*), la plus grande

(1) Dans tout son travail, M. E. Forbes regarde comme démontrée l'existence d'une *période de glaces*.

partie de la flore et de la faune des Iles-Britanniques émigra du continent sur ce lit élevé de la *mer glaciale*. Les animaux comme les végétaux des types germaniques montrent, par leur distribution dans l'est de l'Angleterre, aussi bien que par leur rareté à mesure qu'on s'avance vers l'ouest et leur absence en Irlande et en Écosse, la réalité du point de départ qui leur est assigné.

La quatrième faune émigra du nord, pendant l'*époque glaciale*, lorsque l'Écosse, le pays de Galles, une partie de l'Irlande et certains groupes d'îles étaient entourés de glace. La mer était alors beaucoup plus étendue, et les montagnes actuelles n'étaient que des îles sur les côtes desquelles fleurissaient les plantes d'un caractère sub-arctique. Lorsque le fond de la mer fut soulevé, ces îles devinrent des montagnes, une nouvelle population de végétaux et d'animaux occupa cette surface nouvellement émergée, et les plantes de l'*époque glaciale* se maintinrent dans la partie élevée des montagnes.

Dans ce qui précède, le savant zoologiste anglais n'a point tenu compte du fait le plus certain de l'époque quaternaire, ou plutôt il semble avoir pris la période des glaces pour celle de la faune arctique; mais le phénomène des stries a dû se produire dans le moment des grandes glaces supposées, et il est antérieur à la flore et à la faune arctique. Alors les terres étaient plus élevées qu'elles ne l'ont été pendant l'existence des coquilles arctiques, où un abaissement mit *sous* l'eau les stries et les surfaces polies qui avaient été faites *au-dessus*. On conçoit difficilement que les végétaux aient pu se propager au loin, soit lorsque tout le pays était sous la glace ou la neige, soit lorsqu'ensuite il a été recouvert d'eau en très grande partie. Dans l'un et l'autre cas, les circonstances devaient être peu favorables à de telles migrations. L'hypothèse de M. Forbes se trouverait donc en contradiction avec les déductions les plus probables, savoir, que les terres étaient plus élevées pendant la formation des stries que pendant le dépôt des coquilles arctiques dont le soulèvement résulte d'un troisième phénomène postérieur aux deux autres, et rien ne prouve que depuis lors le fond de la mer ait été plus à découvert qu'il ne l'est aujourd'hui.

Comme le sud de l'Irlande et de l'Angleterre, continue l'auteur, n'était point submergé pendant l'époque glaciale, les trois autres flores ont pu y venir avant, pendant ou après cette époque. La troisième, qui est la plus étendue, occupe la surface crayeuse du Kent, circonstance d'ailleurs fortuite, quant à la nature du sol, car elle

n'est pas essentielle à l'existence des espèces. Ces végétaux venaient du nord-ouest de la France, et la formation du détroit marquerait l'instant de leur isolement. Si, comme cela est probable, la rupture des couches a été effectuée avant la destruction de la *grande plaine germanique* qui favorisa la migration de la cinquième flore, nous pouvons, dit M. Forbes (p. 346), regarder la flore du Kent comme très ancienne, et peut-être même antérieure à la seconde, celle du Cornouailles, du Devonshire, du sud-est de l'Irlande, des îles de la Manche et de l'ouest de la France, laquelle a un caractère plus méridional que la troisième.

Nous avons déjà vu que les données géologiques et zoologiques se réunissaient pour placer la séparation de l'Angleterre du continent à l'époque de la destruction de la faune des grands mammifères, c'est-à-dire à la fin du phénomène qui accumula le *drift*, ce qui s'accorderait peu avec l'ancienneté que M. Forbes attribue à cette rupture, relativement à une plaine émergée dont rien, géologiquement, hydrographiquement ni orographiquement, ne nous révèle l'existence.

Les caractères géologiques des districts occupés par la seconde flore sont en rapport avec les restes d'une grande barrière détruite qui marquait aussi la limite sud de la mer glaciale. Mais quelle est cette grande barrière invoquée par l'auteur? Serait-ce la chaîne de collines des North-Down, dont nous avons déjà parlé? En outre, la limite septentrionale de la deuxième flore, représentée par une teinte rose sur la carte pl. VI, ne coïncide certainement avec aucun caractère physique ni géologique du sol de la France et de l'Angleterre. Le bord de la *mer glaciale* n'est point en rapport avec cette limite supposée, car, sauf l'exception que nous avons signalée, le phénomène erratique du nord ne se voit point au sud d'une ligne tirée de l'embouchure de la Tamise à Dusseldorf (1). L'examen comparatif du relief, de la disposition et de la puissance relative des dépôts tertiaires et plus récents, tels que nous les avons déjà recherchés, et tels que nous les indiquerons ci-après plus complétement, ne nous paraît donc pas justifier les suppositions de M. Forbes.

---

(1) La limite est en effet indiquée ainsi sur la planche VII. — Malgré cette assertion, vraie en général, on a vu (*antè*, p. 79) que M. Mantell cite des fragments de roches primaires dans la seconde couche diluvienne des falaises de Brighton.

La première flore, celle de l'ouest de l'Irlande, renferme des plantes propres à la grande péninsule de l'Espagne et du Portugal, et principalement aux Asturies, ou qui y sont très répandues, et, comme sa présence ne peut être expliquée par des courants marins ni aériens, pour les premiers à cause de leur direction, et pour les seconds à cause de l'espèce des graines transportées, le savant naturaliste admet qu'à une époque plus ancienne que celle des flores précédentes il y avait une relation géologique (*geological union*), ou un voisinage très rapproché de l'ouest de l'Irlande avec le nord de l'Espagne et que la flore des terres intermédiaires était le prolongement de celle de la péninsule. Enfin la destruction de ces terres serait antérieure à la période glaciale.

Après avoir rappelé les caractères de la faune tertiaire moyenne (*miocene*) (p. 348), en supposant la communication de la Méditerranée avec l'Océan, entre Montpellier et Bordeaux, ce dont nous n'avons encore aucune preuve, tandis qu'il existe des raisons négatives du contraire, M. Forbes dit que ce n'est pas à ce moment qu'il place la jonction des Asturies et de l'Irlande, mais qu'ayant observé dans la Lycie des dépôts tertiaires moyens à 1800 mètres d'altitude, le lit de cette grande *mer miocène* semble avoir été uniformément élevé dans le centre de la Méditerranée et l'ouest de l'Europe, ce qui, suivant toute probabilité, a dû être l'époque du rapprochement des Asturies et de l'Irlande. Ici encore, nous regrettons de ne trouver ni dans l'orographie actuelle de cette partie de l'Europe, ni dans les caractères stratigraphiques des dépôts, non plus que dans les formes que l'on peut attribuer aux anciens bassins tertiaires par la direction des couches, rien qui confirme l'existence de cette surface émergée. Le prolongement possible de certaines portions de terre vers l'O., telles que les pointes du Cornouailles et de la Bretagne, ne donne aucune probabilité pour une émersion aussi générale que celle qui est supposée. L'exemple cité sur les pentes du Taurus est purement local et n'est point applicable à l'ouest de l'Europe, où les couches tertiaires moyennes marines ne dépassent pas 150 mètres d'altitude, et cela depuis le Norfolk jusqu'au pied des Pyrénées, comme en Espagne, en Portugal et aux Açores. Il faudrait admettre en outre un abaissement subséquent dont M. Forbes ne parle pas, non plus que de l'époque à laquelle il aurait eu lieu. Quant à l'argument fort ingénieux tiré du grand banc de fucus de l'Atlantique, il repose sur une connaissance trop incomplète encore du fait lui-même pour être d'une grande valeur.

Au point de vue botanique, peut-être eût-on désiré de voir démontrer d'abord que les circonstances extérieures sous lesquelles vivent aujourd'hui les cinq flores de la Grande-Bretagne, telles que la latitude, l'altitude, la température, les vents, l'humidité ou la sécheresse, l'exposition, la nature du sol, le plus ou moins d'éloignement de la côte, etc., etc., sont tout à fait insuffisantes pour expliquer leurs divers caractères; or, cette partie importante de la question ne semble pas avoir été abordée par l'auteur. La géographie des plantes, telle qu'elle a été fondée par son illustre auteur et telle qu'elle est étudiée par ses continuateurs, entre autres par M. Ch Martins et M. Alph. de Candolle, n'est pas une spéculation abstraite; c'est la conséquence d'une multitude de circonstances physiques dont il faut apprécier l'importance relative. On sait en outre que les plantes ont des circonscriptions géographiques très différentes; ainsi, il y en a que l'on rencontre sur des étendues de 25° en latitude et de beaucoup plus en longitude, tandis que d'autres n'occupent que des zones extrêmement restreintes dans les deux sens; il eût donc été utile d'étudier sous ce rapport les cinq flores anglaises. Le rayonnement des plantes d'un centre n'est pas non plus bien prouvé, et l'on peut se demander, par exemple, quel est le centre originaire d'où auraient rayonné les espèces communes à l'Amérique du Nord et à l'Europe occidentale. Cette idée nous paraît d'ailleurs avoir été présentée d'une manière plus philosophique par M. A. Richard, lorsqu'il a dit : « Peut-être un examen plus attentif prouverait-il » que ces points de départ, dont le nombre, quoique assez grand, est » cependant limité, correspondent à des époques diverses du soulè» vement des différents points de la surface du sol (1). »

M. Forbes établit plus loin (p. 350) que l'identité spécifique, sur une certaine étendue, de la flore et de la faune d'un pays avec celles d'un autre, dépend à la fois de ce que les pays font ou ont fait partie d'un même centre spécifique, ou bien de ce qu'ils ont tiré leurs animaux et leurs végétaux par transmission, au moyen de la migration sur une terre continue ou très voisine; migration favorisée, dans le cas des flores alpines, par le transport sur les glaces flottantes. L'identité de la flore alpine du centre de l'Europe avec celle de l'Asie centrale est aussi attribuée à l'époque glaciale et aux phénomènes qui s'y sont produits; mais à cet égard on ne possède pas

(1) *Nouveaux éléments de botanique*, p. 523, in-8. Paris, 1846.

de preuves géologiques plus positives que pour plusieurs des assertions précédentes, et rien ne constate que la mer de l'époque glaciale se soit étendue jusqu'au centre de l'Asie. On sait que les blocs erratiques et les stries n'ont encore été signalés ni dans l'Oural, ni dans l'Altaï, et à plus forte raison au sud de ces chaînes et dans les vastes plaines qui les séparent.

Les dépôts argileux avec blocs et lits de coquilles arctiques seraient, d'après l'auteur (p. 352), contemporains de la flore venue du nord, ce qui justifie notre observation précédente, car ces dépôts se sont formés après les grandes glaces, alors qu'il y avait moins de terres émergées qu'aujourd'hui. Puis il recherche la distribution des mollusques qui vivent actuellement sur les côtes des Iles-Britanniques et les suit dans les mers éloignées où ils ont des représentants. Il fait voir que les animaux rayonnés ont une distribution analogue à celle des mollusques; et, quant à l'histoire de cette faune considérée dans son ensemble, il est porté à penser qu'elle peut avoir eu quelques représentants dès l'époque crétacée et dans la période tertiaire inférieure; mais ce n'est que dans la période tertiaire moyenne que les analogies deviennent réellement remarquables.

En parlant du terrain tertiaire, nous mentionnerons les observations du mémoire de M. Forbes qui s'y rattachent, et nous continuerons à ne nous occuper ici que de celles qui se rapportent au terrain quaternaire. L'auteur y a recueilli, tant en Angleterre qu'en Ecosse et en Irlande, 124 espèces de coquilles qui, à peu d'exceptions près, vivent dans les mers voisines (1). Mais cette faune est peu riche en espèces et en individus, lorsqu'on la compare à celle du crag qui l'a précédée, ou à celle des côtes actuelles qui l'a suivie. Cette différence doit résulter des conditions climatologiques dans lesquelles elle a vécu, conditions peu favorables, par suite d'une température plus basse. La faune des mollusques quaternaires des Iles-Britanniques vient se placer numériquement entre la faune actuelle du Groënland et celle des côtes du Massachusetts, quoique plus rapprochée de la première et probablement très voisine de celle des côtes du Labrador. Elle se compose d'espèces vivant dans les mers de la Grande-Bretagne et originaires du nord, d'autres con-

(1) Voyez aussi : Agassiz, *Coquilles fossiles d'Angleterre identiques avec des espèces vivantes* (*Verh. d. Schweitz naturf. Ges. in Zurich*, 1841, p. 63).

finées aujourd'hui sous des latitudes plus boréales ; quelques unes paraissent éteintes, et une ou deux auraient une origine méridionale ou bien ne sont connues que dans le crag du sud de l'Irlande. Les espèces les plus abondantes et les plus répandues dans tout le *drift* sont essentiellement du nord.

Revenant ensuite sur la distribution des mollusques des côtes d'Angleterre (p. 371), sujet qu'il avait déjà traité dans un précédent mémoire (1), M. Forbes distingue quatre zones ou régions : la zone littorale, celle des Laminariées, celle des Corallines et celle des Polypiers des mers profondes. Parmi une multitude de détails fort intéressants, il fait voir que la première zone est comprise entre la haute et la basse mer, et la seconde entre la basse mer et une profondeur de 27 mètres. La troisième s'étend de 27 à 90 mètres, et la quatrième de 90 à 180 mètres et au-delà. Avec ces données il détermine d'abord l'existence de la première zone dans les dépôts quaternaires, et prouve ensuite que ceux ci ne se sont déposés nulle part sous une profondeur d'eau qui pût atteindre la quatrième. Le plus grand nombre des fossiles a dû vivre dans des eaux froides, peu profondes et appartenant aux trois premières zones. Les caractères arctiques de cette faune ne résultent donc point de ce qu'elle aurait vécu à une grande profondeur, mais sous un climat plus froid que celui d'aujourd'hui à la même latitude.

(P. 379.) Un tiers des espèces quaternaires vit encore à la fois sur les côtes d'Amérique et sur celles de l'Europe. Aujourd'hui 66 espèces de mollusques testacés sont communes aux plages des États-Unis, situées au nord du cap Cod, et à celles de l'Europe. Aucune de ces espèces n'a sa limite européenne septentrionale au sud de l'Angleterre, et 10 seulement s'étendent aux mers du midi de l'Europe. D'un autre côté, il n'y en a pas moins de 45 qui habitent les mers arctiques. Des 66 espèces précédentes, 51 se retrouvent dans les dépôts quaternaires, et il résulte du tableau dressé par l'auteur que l'identité entre la faune boréale américaine et celle de l'Europe a été établie, au moins pendant la période quaternaire, non par des espèces pélagiques, mais bien par des coquilles littorales.

Le soulèvement du fond de la mer (p. 385) aurait été graduel, et ce que M. Forchhammer a dit du terrain quaternaire du Danemark serait applicable aux Iles-Britanniques. Dans l'île de Man, les

(1) *Edinburgh academic annual for* 1840.

marnes renferment des coquilles bivalves de la seconde et de la troisième région, et elles sont recouvertes d'une grande épaisseur de sable et de gravier, quelquefois avec des coquilles littorales roulées. Les plus gros blocs reposent sur ces sables. L'élévation des terres qui paraît coïncider avec la fin de la période de froid a dessiné les contours des côtes actuelles, et alors s'est développée l'organisation que nous avons sous les yeux. Une partie des anciennes espèces a été éteinte, une autre s'est retirée dans les mers arctiques et un petit nombre a disparu des côtes d'Europe pour continuer à vivre sur celles de l'Amérique. Beaucoup d'espèces demeurèrent dans ces nouvelles eaux avec celles qui y vinrent en grand nombre, soit apparaissant pour la première fois dans la création, soit amenées des mers plus chaudes par l'intermédiaire des courants. Parmi ces dernières on doit comprendre celles qui existaient déjà sur les lieux à l'époque du crag, et dont on compte plus de 50 que la basse température en avait momentanément exilées. En outre, des cavités plus profondes permirent à certaines espèces de continuer à vivre sur les mêmes points où elles constituent aujourd'hui, dans certaines parties des mers britanniques, de véritables oasis de faune arctique situées à 150 et 180 mètres de profondeur.

M. Forbes, en s'occupant de nouveau (p. 386) du terrain quaternaire du nord (*newer pliocene*), le met avec raison en parallèle avec certaines couches de la Sicile; mais il insiste encore sur une communication de la *mer glaciale* avec la Méditerranée, et cela pour expliquer la présence de cinq ou six espèces de coquilles arctiques dans les dépôts méditerranéens, fait déjà signalé par M. J. Smith; cependant aucune donnée géologique ne confirme cette hypothèse, dans laquelle nous voyons, en outre, comme pour les précédentes, une énorme disproportion entre la grandeur du moyen invoqué et la petitesse de l'effet produit. Nous ne pouvons point non plus accorder à l'auteur que le crag de Norwich ou crag à mammifères (p. 391) et les couches de Bridlington (Yorkshire) (p. 393) soient du même âge que les dépôts quaternaires, et encore moins que les dépôts d'eau douce de Grays soient en partie contemporains du crag rouge; car ce sont des assertions complétement opposées à tout ce qu'ont écrit les géologues qui connaissent le mieux l'est de l'Angleterre.

Il y a dans cette dernière partie du remarquable mémoire que nous analysons plusieurs sujets dont nous aurons occasion de parler en traitant du terrain tertiaire, et nous dirons seulement

ici que, sans aborder la discussion des opinions des géologues qui l'ont précédé et qu'il ne mentionne point, M. Forbes semble confondre la faune du crag (*miocene*) avec la faune quaternaire (*newer pliocene*), faisant en cela complétement abstraction de la faune tertiaire supérieure (*pliocene*) qui a pour représentant en Angleterre le crag de Norwich, ainsi que l'a établi M. Lyell. La faune des mammifères quaternaires, en Angleterre comme sur le continent, est parfaitement distincte de celle du terrain tertiaire supérieur et de celle du terrain tertiaire moyen; les beaux travaux de M. R. Owen, comme ceux des zoologistes de France, d'Allemagne et d'Italie, sont en cela d'accord avec le résultat des recherches exclusivement géologiques. La succession des phénomènes, telle qu'elle nous a paru résulter des nombreuses études qui ont été faites sur tous les points des Iles-Britanniques, ne nous permet donc pas d'admettre, avec M. Forbes (p. 403), que le crag blanc représente à lui seul le terrain tertiaire moyen, le crag rouge, le terrain tertiaire supérieur, les dépôts de la période glaciale, le terrain quaternaire (*newer pliocene*), tandis que les marnes d'eau douce et les plages soulevées constitueraient deux époques *post-tertiaires*.

Nous avons cru devoir discuter quelques unes des hypothèses émises par le savant naturaliste anglais, parce qu'il nous a paru nécessaire de faire sentir les inconvénients qu'il y avait à vouloir rendre compte de faits encore inexpliqués dans une science (la géographie botanique), en empruntant à une autre science (la géologie) des suppositions créées pour ainsi dire en vue de ces explications mêmes, et qui ne sont point suffisamment justifiées. Nous sommes loin de penser que ces aperçus si ingénieux ne puissent mettre sur la voie de découvertes intéressantes et même que plusieurs d'entre eux ne soient fondés; mais, nous le répétons, les preuves tirées de la géologie ont besoin de s'appuyer sur des données plus certaines que celles qui ont été invoquées.

CHAPITRE III.

Si l'on considère le terrain quaternaire ou diluvien de l'Europe, abstraction faite des contrées du nord et des Iles-Britanniques dont nous venons de nous occuper, on reconnaîtra que les matériaux des dépôts meubles sont distribués ou répartis exclusivement, soit sur les flancs de certaines gibbosités principales et dans les vallées qui y prennent naissance, soit dans de larges dépressions ou bassins hydrographiques qui ne sont limités à leur pourtour par aucun relief bien prononcé. Dans l'un ni dans l'autre cas il n'y a mélange des matériaux transportés. L'extension et l'énergie des phénomènes n'ont point été nécessairement en rapport avec l'élévation des massifs montagneux d'où ils semblent provenir, ni avec la profondeur et l'étendue des bassins hydrographiques, non plus qu'avec la rapidité de leurs pentes et la longueur des cours d'eau qui les parcourent. Le champ dans lequel chaque phénomène s'est exercé devrait être d'abord exactement limité pour qu'on pût savoir si tous les dépôts meubles ont été formés simultanément, ou bien s'ils l'ont été successivement; et, dans ce dernier cas, il resterait à établir leur chronologie. Mais à cet égard il y a encore trop à faire pour que nous puissions essayer autre chose qu'une esquisse grossière de l'extension géographique ou superficielle de chaque phénomène, en tant qu'elle peut être indiquée par la nature des matériaux incohérents qui ont rayonné d'un massif dans toutes les directions, ou qui ont convergé des bords d'un bassin vers l'une de ses extrémités.

Cette distribution nous démontrera que l'orographie générale était, au commencement de la période diluvienne, à très peu près ce qu'elle est aujourd'hui, et nous reconnaîtrons que des lignes de partage entre certains bassins hydrographiques et dont l'élévation devait être bien faible alors ont pu cependant restreindre les effets du phénomène erratique aux mêmes limites que les eaux qui se rendent actuellement dans chacun d'eux.

§ 1. Terrain quaternaire de la Hollande et de la Belgique.

L'espace que nous comprenons ici constitue un plateau très fai-

blement incliné au nord vers la mer, et borné au sud par la ligne de partage des eaux de l'Artois, laquelle se prolonge à l'est par La Capelle et Hirson pour se confondre ensuite avec celle de l'Ardenne qui passe par Palézeuil, Neufchâteau, Bastogne, etc., et est coupée en un point par la fente profonde que parcourt la Meuse.

Sur les côtes opposées de la Manche, les dépôts diluviens sont fort différents, et l'on ne rencontre sur le littoral plat, marécageux ou sablonneux de la Hollande et de la Belgique rien qui rappelle les dépôts coquilliers marins, les argiles avec blocs, les couches lacustres et les graviers si puissants qui couronnent la craie ou le crag des falaises du Suffolk et du Norfolk; peut-être pourrait-on y voir le côté abaissé d'une immense faille irrégulière, dont l'affleurement des argiles de Boom serait un accident particulier? Les sédiments modernes y masquent presque partout les sédiments plus anciens, ou bien leur ressemblance est telle qu'on peut rarement les distinguer. Le peu de relief du pays, joint à sa faible élévation au-dessus de la mer, ne permet pas non plus d'apprécier exactement la composition du sol ni l'épaisseur des couches meubles qui le constituent; aussi est-ce par le creusement des puits que l'on a obtenu les renseignements les plus exacts.

M. Moll (1) a communiqué une note sur un forage exécuté dans la province d'Utrecht et poussé jusqu'à 135 mètres. L'orifice du puits était à 16 mètres au-dessus de la mer, et jusqu'à 132 mètres la sonde avait traversé des sables et des cailloux roulés qui ne diffèrent en rien de ceux de la surface du sol. Le sable était plus ou moins gros, ou fin et de diverses couleurs. On a rencontré quelques lits d'argile et des fragments de coquilles très rares et indéterminables. Dans cette coupe, il est presque impossible de marquer le point où finit le dépôt quaternaire et où commencent les alluvions modernes. Un puits creusé en 1605 à Amsterdam, jusqu'à 75 mètres, avait traversé 28 mètres de sable et d'argile, 18 mètres de sable alternant avec des lits de coquilles marines, 16 mètres d'argile dure sans coquilles, 4 mètres de sable avec des pierres disséminées, et qui représenterait le sable de la *geest* suivant M. Élie de Beaumont (2), enfin 6^{m},10 de sable pur. Trois autres puits pratiqués aux environs de Rotterdam, et poussés seulement à 9 et 19 mètres, n'ont fait connaître que des alternances de tourbe argileuse ou sa-

(1) *Compt. rend.*, vol. I, p. 38. 1835.
(2) *Leçons de géologie pratique*, vol. I, p. 260. 1845.

blonneuse, des argiles blanchâtres, puis, vers le bas, des argiles tenaces et plus compactes, sans qu'on ait atteint des couches décidément marines ni le niveau de la *geest*. Dans le forage de Zeist, qui est arrivé à 485 pieds d'Utrecht, environ 312 pieds ont traversé un dépôt de transport décrit par M. Van Breda (1), et le reste a été rapporté au terrain tertiaire inférieur.

Au centre de la Hollande, entre Leyde et Utrecht, la surface du sol est d'environ 0m,60 à 0m,70 au-dessous du niveau moyen de la mer, et à un mètre plus bas commence le banc tourbeux (*veen*) dont l'épaisseur est de 3 mètres, puis vient une couche de glaise. Les nivellements, les sondages et les fouilles exécutés en 1751, près de la *mer de Harlem*, ont présenté des résultats assez semblables aux précédents, et la couche argileuse s'est rencontrée sous 2m,50 à 3 mètres d'une tourbe vaseuse et sablonneuse. Ces dépôts appartiennent sans doute au terrain moderne, et le seul qui, par son étendue et sa continuité, semble appartenir à une époque antérieure et être le produit d'une cause plus générale, est celui que nous avons déjà désigné sous le nom de *geest*.

« Les parties de l'Allemagne et de la Belgique qui avoisinent la » mer du Nord, dit M. Élie de Beaumont (2), sont des pays sa- » blonneux, formés d'un sable quartzeux, légèrement argileux, dans » une grande partie duquel se trouvent des fragments et des blocs » de différentes pierres, par exemple, des silex de la craie, conte- » nant souvent des pétrifications et des *pierres primordiales* (gra- » nite, etc.). Ces sables, très répandus dans l'Allemagne septen- » trionale, portent le nom de *geest*, qui, dans le langage vulgaire de » ces contrées, désigne ce terrain qu'on trouve dans le pays de Liége » et de Juliers, dans le Brabant, la Gueldre, l'Over-Yssel, la » Westphalie et la Basse-Saxe, formant le *sol des bruyères* et qui, » dans cet espace continu, couvre les montagnes aussi bien que les » plaines; c'est là le sol fondamental de ces contrées, qui partout » arrive jusqu'au bord de la mer ou des Pays-Bas. »

Les collines formées, soit par le sable des Flandres, soit par la *geest* elle-même, atteignent les rives de l'Escaut. Berg-op-Zoom et Gertruydenberg sont bâties sur ces collines. Celles que constitue la *geest* se prolongent jusqu'au Zuyderzée et au bord des basses terres de la Frise. La *geest* occupe surtout la partie méridionale de la

(1) *Neu. Jahrb.*, 1837, p. 71.
(2) *Loc. cit.*, p. 253.

Hollande et se rattache aux sables de la Campine qui s'étendent en Belgique.

Maintenant, quel est l'âge de ce dépôt sableux? C'est ce sur quoi le célèbre professeur à qui nous empruntons ces détails ne s'est pas prononcé, en l'absence sans doute de fossiles propres et de superposition directe à des couches tertiaires d'un âge bien déterminé. Doit-on y voir l'équivalent des sables de la Campine que M. Dumont (1) paraît disposé à rapprocher du crag de la province d'Anvers, ou bien la limite sud-ouest du phénomène erratique du nord, comme quelques fragments de roche pourraient le faire penser, ou enfin une modification des dépôts de cailloux et de limon qui semblent se prolonger au sud, dans les Flandres et le nord de la France? Nous n'avons pas de motifs suffisants pour décider la question; mais si ces sables sont réellement antérieurs à la période quaternaire, il est douteux qu'on puisse les regarder comme plus anciens que le crag de Norwich, le dernier dépôt tertiaire de cette partie du nord-ouest de l'Europe.

« Les blocs de roches du nord (2), très communs aux environs » de Groningue (3), ne s'avancent pas vers le midi au-delà » d'Arnhem, sur le Rhin, quoique le grand dépôt sableux qui les » contient à Groningue, et qui est le prolongement direct des sables » de la Westphalie, traverse lui-même le Rhin et s'étende sans interruption jusqu'aux environs de Maestricht et dans la Campine. » Ici, comme en Pologne, le sable qui constitue la masse du terrain diluvien ne vient probablement pas de très loin. Ce sable » n'est, suivant toute apparence, que le résultat du lavage et du

(1) *Rapport sur les travaux de la carte géologique de la Belgique pendant l'année* 1839 (*Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, vol. VI).

(2) Élie de Beaumont, *Rapport sur un Mémoire de M. Durocher* (*Compt. rend.*, vol. XIV, p. 97, *nota*. 1842).

(3) Voyez : *Sur les polypiers à Houdsrug près de Groningue par Dassen* (*Tijdschrift voor natur. Geschieden* de *van der Hoeven*, vol. VIII, p. 127. 1841). 56 espèces de polypiers paraissent être identiques avec ceux de la grauwacke et du système carbonifère. Ce sont pour la plupart des cailloux roulés, trouvés dans une fouille, et accompagnés de fossiles crétacés et tertiaires. Leur charriage, des provinces rhénanes et de la Belgique jusqu'à Groningue, peut être de plusieurs époques, mais on conçoit combien il serait important de déterminer la position des dépôts qui les renferment par rapport à celui qui contient des roches du Nord.

» remaniement des sables du terrain tertiaire inférieur sur lequel il » repose près de Maestricht et même dans une partie de la Campine ; » ce dépôt sableux contient un grand nombre de cailloux et même » des blocs assez volumineux, mais qui tous appartiennent à l'Ar- » denne et aux montagnes des deux rives du Rhin. Des traces de » phénomènes erratiques, mais dont la continuité avec les précé- » dents n'est pas évidente et qui pourraient être d'une date plus » moderne, existent aussi dans l'intérieur de l'Ardenne. »

A la fin de l'*Essai sur la coordination des terrains tertiaires du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre* (1), nous avons fait voir qu'au sud d'une ligne tirée des environs de Maestricht à Gand, c'est-à-dire dans le Limbourg, le Brabant méridional, les Flandres, le Hainaut, les provinces de Liége et de Namur, et au-delà, sur presque toute la surface occupée par le bassin de la Seine, les dépôts meubles, compris sous le nom de diluvium, se composaient ordinairement vers le bas de cailloux à demi roulés, plus ou moins mélangés de sable et d'argile et renfermant souvent des débris de mammifères la plupart éteints; puis, vers le haut, d'un limon argilo-sablonneux, jaunâtre ou brunâtre, quelquefois calcarifère, et que nous avons désigné sous le nom d'*alluvion ancienne*. Plus à l'est, ces deux assises quaternaires se retrouvent exactement dans toute l'étendue de la vallée du Rhin, où la plus élevée est appelée *lehm* ou *lœss*. Les caractères de cette dernière sont ceux d'un grand dépôt d'alluvion sans stratification distincte. On n'y trouve que des coquilles terrestres et lacustres, analogues à celles qui vivent actuellement dans le pays, et quelques ossements de mammifères.

M. Melleville (2), dans un travail important sur le terrain diluvien, travail qui sera consulté avec fruit à cause des nombreux documents qu'il y a rassemblés, a également reconnu ces deux assises qui, dit-il (p. 16), existent quelquefois indépendamment l'une de l'autre, mais qui réunies se montrent superposées d'une manière régulière et constante. L'auteur les caractérise d'ailleurs comme nous, et le grand nombre de faits qu'il rapporte confirme l'exactitude de leur distinction; seulement, les observations que nous mentionnerons ne permettent pas d'admettre l'opinion de

(1) D'Archiac, *Bull.*, vol. X, p. 220. 1839.
(2) *Du diluvium; recherches sur les dépôts auxquels on doit donner ce nom et sur la cause qui les a produits*, in-8. Paris, 1843.

M. Melleville sur l'absence de coquilles fluviatiles et terrestres dans l'assise supérieure ou alluvion ancienne.

Le dépôt de transport qui recouvre le plateau de la colline de Saint-Pierre, près Maestricht (1), est composé de sable plus ou moins grossier, ferrugineux, enveloppant des cailloux roulés de diverses roches anciennes, le plus ordinairement quartzeuses, et dont la grosseur varie depuis celle du poing jusqu'à celle d'une noix. Près du fort, où son épaisseur est le plus considérable, elle atteint jusqu'à 8 mètres (2), et elle paraît diminuer au sud à mesure que la colline s'éloigne de la Meuse. Sur la rive gauche du Jaar, le même dépôt occupe encore la partie supérieure des collines situées entre Vroenhaven et Wilre. Nous regardons cette assise comme du même âge que les cailloux roulés avec blocs erratiques et ossements de grands mammifères, que l'on trouve soit vers le fond des vallées, soit sur leurs pentes et jusque sur quelques plateaux environnants, depuis le Rhin jusqu'à la Manche, et que nous avons vus de l'autre côté du détroit couronner presque toutes les falaises crayeuses et les lambeaux tertiaires qui les surmontent çà et là.

En se rapprochant de la route de Tongres à Maestricht, on ne tarde pas à voir ce diluvium disparaître sous un autre dépôt meuble argilo-sableux, jaunâtre, véritable *lehm* ou *alluvion ancienne*, qui enveloppe comme d'un épais manteau les collines tertiaires du Limbourg, de Tirlemont, de Jodoigne, du Brabant méridional, et qui recouvre presque constamment, sur une épaisseur de 8 à 10 mètres, les plateaux de craie, de sables tertiaires inférieurs, ou bien des terrains plus anciens, dans le Hainaut et les départements du nord de la France. M. H. Galeotti (3), qui a décrit ces couches meubles du Brabant méridional sous le nom de *diluvium*, y a signalé des débris d'*Hippopotamus major* et d'*Elephas primigenius*.

M. H. Dumont (4), en réunissant les deux assises quaternaires

---

(1) Le Blanc et d'Archiac, *Bull.*, vol. XII, p. 258, pl. VI, fig. 13. 1841.

(2) Faujas de Saint-Fond, *Histoire de la montagne de Saint-Pierre*, p. 41.

(3) *Mém. sur la constitution géologique du Brabant méridional* (*Mém. couronnés par l'Académie de Bruxelles*, vol. XII, p. 18. 1837.)

(4) *Rapport sur les travaux de la carte géol. pendant l'année* 1839. (*Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, vol. VI, nº 11. 1839.) —

sous le nom de *système hesbayen*, parce qu'elles sont surtout développées dans la Hesbaye, a fait remarquer que l'alluvion ancienne ne s'étend pas uniformément à la surface du sol ; elle ne paraît pas même dépasser, vers le sud, la ligne dirigée du S.-O. au N.-E., formée par la Sambre, la Meuse et la Vesdre qui borde le Condros, et au nord une ligne dirigée E.-O., passant par Dixmude, Deyuse, Termonde, Malines, Diest et Hasselt, et qui borne les sables de la Campine. Les limites tracées sur la *carte géognostique du royaume de Belgique*, que M. d'Omalius d'Halloy a jointe à son *Coup d'œil géologique* sur le même pays (1), diffèrent assez de ces indications et paraissent être plus exactes.

Dans le Luxembourg, des dépôts composés de minerai de fer en grains arrondis, ordinairement pisiformes, et de fragments de limonite compacte, brune, à surfaces polies et luisantes, disséminés dans un limon ferrugineux, constituent tantôt des amas réguliers, tantôt des filons dans le calcaire jurassique, ou encore des accumulations à la surface du lias. M. Dumont (2) croit que ces sédiments meubles et ferrugineux ne sont pas des alluvions superficielles, mais qu'ils résultent d'injections souterraines dues à des eaux tenant en suspension, ou en dissolution, les substances qu'elles ont abandonnées sur le sol, en même temps que dans les fentes et les cavités des roches à travers lesquelles elles sourdaient. Sur les bords de la Sémoy, un dépôt caillouteux est formé des mêmes éléments que les couches du trias sous-jacent ; mais il ne paraît pas dépasser la surface occupée par cette formation.

M. d'Omalius d'Halloy (3) a décrit l'assise inférieure du terrain diluvien de la Belgique sous le nom de *cailloux ardennais*, à cause de la prédominance des roches quartzeuses provenant des Ardennes. Elle ne s'étend point d'ailleurs dans les provinces de l'ouest, et, généralement fort mince sur les plateaux, elle acquiert quelquefois, au contraire, une grande épaisseur sur les flancs ou au fond de la vallée de la Meuse et des autres cours d'eau qui descendent de l'Ardenne. Le célèbre géologue décrit également, sous

---

Mém. sur la constitution géologique de la province de Liége, p. 329, 331, in 4. Liége, 1832.

(1) in-8, Bruxelles, 1842.

(2) *Nouveaux mém. de l'Académie de Bruxelles*, vol. XV, p. 33. 1842.

(3) *Coup d'œil sur la géologie de la Belgique*, p. 88, in-8. Bruxelles, 1842.

le nom de *limon*, l'alluvion ancienne telle que nous l'avons indiquée. En constatant en outre (1) la position des cailloux roulés diluviens au-dessus des sables de la Campine, probablement parallèles au crag, et au-dessous de l'alluvion ancienne de la Hesbaye, il a précisé, de la manière la plus heureuse, les rapports de ces divers dépôts meubles; il a fait voir que la dispersion des débris de l'Ardenne, qui a produit la couche de cailloux roulés, avait eu lieu non seulement au nord, où nous l'avons observée jusqu'à présent, mais encore au sud, dans la Champagne et la Lorraine, « ce qui » annoncerait, dit ce savant (p. 59), qu'à cette époque, compara- » tivement récente, le sol de l'Ardenne a non seulement été le » théâtre d'une grande débâcle, mais encore qu'il a été de nouveau » soulevé et agité par de fortes secousses qui ont produit de vio- » lentes dislocations, et que par conséquent il y aurait lieu d'ad- » mettre l'existence d'un *déluge ardennais* tout comme on admet » un *déluge alpin*, etc. »

Cependant M. d'Omalius, remarque que l'Ardenne n'étant plus, comme certaines parties des Alpes, couverte d'eau à cette époque, son soulèvement n'aurait pas suffi pour produire une débâcle; d'où il est porté à ne considérer le *déluge ardennais* que comme une dépendance du déluge alpin; c'est-à-dire que l'Ardenne aurait éprouvé le soulèvement et la dislocation principale du pays, au moment où le grand soulèvement des Alpes orientales avait fait refluer les eaux qui couvraient une portion de leur emplacement. Mais nous doutons que cette explication justifie pleinement la distribution rayonnante des débris de l'Ardenne. L'examen du bassin de la Seine ne confirme pas davantage l'existence de courants sillonnant le sol, des Alpes vers l'Océan au N.-O., et nous démontrerons en outre que le phénomène erratique, tout à fait étranger à ce même soulèvement, lui est de beaucoup postérieur.

L'origine de l'alluvion ancienne, si remarquable par son étendue, l'uniformité de son aspect et son indépendance, puisqu'elle recouvre indifféremment tous les autres dépôts meubles ou non, antérieurs à l'époque actuelle, a beaucoup préoccupé les géologues, et M. d'Omalius, frappé de la difficulté de l'expliquer par un vaste amas d'eau douce qui, au lieu d'être encaissé dans

(1) *Ib.*, p. 119. — *Note sur les dernières révolutions géologiques qui ont agi sur le sol de la Belgique.* (*Bull.*, vol. XIII, p. 55. 1841.)

un bassin, a dû s'élever à plusieurs centaines de mètres au-dessus du niveau de la mer, suppose, en présentant toutefois son hypothèse avec réserve (p. 61), « qu'à l'époque où les eaux, mises en » mouvement par le dernier soulèvement des Alpes et de l'Ardenne, » n'étaient pas encore rentrées dans le lit de l'Océan, mais où les » cailloux transportés par les eaux étaient déjà déposés sur les lieux » où ils se trouvent maintenant, de puissantes éjaculations de li- » mon sont sorties de l'intérieur de la terre dans les contrées où » nous voyons ce dépôt, et ont été arrêtées dans leur expansion par » le reflux de la mer, de la même manière que les alluvions que » transportent nos fleuves sont arrêtées à l'embouchure de ces der- » niers au lieu de se précipiter dans les profondeurs de la mer. »

Nous aurons occasion de revenir sur cette manière de rendre compte de la formation de certains sédiments problématiques, laquelle consiste à étendre à un phénomène superficiel assez général les effets restreints de causes purement locales et bornées, tels que le remplissage des filons, les dépôts des sources thermales, les éruptions boueuses, etc. Mais l'examen que nous ferons de ce limon dans les bassins de la Seine, du Rhin et du Rhône, ne semble pas appuyer cette explication.

Les surfaces polies, striées ou sillonnées, n'ont pas encore été signalées sur les roches de transition des Ardennes, de l'Eifel ni du Hundsruck; quant aux roches des formations plus récentes, leur peu de dureté aurait rarement permis aux traces de cette nature de parvenir jusqu'à nous. Cependant M. Élie de Beaumont (1) a remarqué près de Spa quelques amas de détritus qui rappellent l'aspect des œsars. Surfaces polies, striées ou sillonnées.

§ 2. Cavernes à ossements de la Belgique, et paléontologie.

Dans le *Résumé des sciences géologiques* pour 1833, M. Boué (2) a exposé, sur les cavernes à ossements de la province de Liége, diverses généralités extraites du premier volume du grand ouvrage de P.-C. Schmerling, intitulé : *Recherches sur les ossements fossiles découverts dans la province de Liége* (3). Depuis lors, ce travail a

---

(1) *Rapport sur un Mémoire de M. Durocher.* (*Compt. rend.*, vol. XIV, p 78. *Nota*, 1842.

(2) *Bull.*, vol. V, p. 436.

(3) 2 vol. in-4° avec atlas in f° de 74 pl. Liége, 1833-34-36. — Voyez aussi *Bull.*, vol. VIII, p. 17. 1837. — H. Dumont, *Mém. sur*

important pour la science a été terminé. A la suite d'une note sur la caverne de Villers-Sainte-Gertrude, dans la province de Luxembourg, le même zoologiste a exprimé l'opinion que les ours, les lions, les loups, etc., n'avaient point habité les cavernes où se trouvent leurs débris, mais que ceux-ci y avaient été introduits déjà dépouillés de leur chair et en même temps que le limon et tout ce qu'il enveloppe (1).

On n'avait encore trouvé aucune trace d'éléphant fossile dans le Luxembourg, lorsqu'en 1840 M. River (2) recueillit deux défenses enfouies dans le dépôt diluvien d'Ettelbrück. La province de Namur n'en a point offert non plus, suivant M. Morren (3), et celle de Liége n'en a présenté que très rarement dans quelques grottes. Dans le Hainaut, les ossements de ces pachydermes sont plus communs; mais c'est dans le Brabant, la province d'Anvers et les deux Flandres, qu'ils sont le plus répandus. Ils ne le sont pas moins en Hollande, et l'on a retiré de la mer, à 15 milles du Texel, une grande défense semblable à celles que l'on a trouvées sur la côte opposée d'Angleterre. Ainsi, la crête des Ardennes, dont la hauteur moyenne est de 550 mètres entre Neufchâteau et Suerbrodt, et la partie supérieure de ses deux versants, ne paraissent point renfermer de débris de mammifères quaternaires; ce n'est qu'à 160 mètres d'altitude que l'on commence à en trouver dans quelques cavernes (Chokier); à 100 mètres et au-dessous, ils deviennent communs. La ligne de faîte avait alors le relief que nous lui voyons aujour-

---

la constitution géol. de la province de Liége, p. 324, in-4. Bruxelles, 1832.

(1) *Acad. de Bruxelles*, 8 août 1835. — *L'Institut*, 23 sept. 1835.

(2) *Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, vol. VII, 1re partie, p. 64. 1840.

(3) *Mémoire sur les ossements fossiles d'éléphant trouvés en Belgique*, in-4, Gand, 1834. — *Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, vol. I, p. 153. 1834-36. — *Rapport de M. d'Omalius d'Halloy*, 7 juin 1834. — Voyez aussi : Schmerling, *Sur des débris d'éléphant et de rhinocéros* (*E. primigenius*, *R. tichorhinus*) *dans le dépôt diluvien des environs de Chokier*. (*Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, vol. III, p. 82. 1836.) — *Id.*, *Sur des fragments d'os façonnés et des ossements humains dans la caverne d'Engis*. (*Bull.*, vol. VI, p. 70. 1835.) — *Id.*, *Ossements fossiles à l'état pathologique des cavernes de la province de Liége*. (*Ib.*, vol. VII, p. 51. 1836.) — Geoffroy Saint-Hilaire. *Sur les ossements humains provenant de la caverne de Liége*. (*Compt. rend.*, vol. VII, p. 13. 1838.)



d'hui, et c'est sur la partie inférieure du plan incliné qui en descend au N.-O., entre les côtes de la Flandre occidentale et de la Zélande, que les ossements de grands pachydermes furent entraînés par des débâcles qui, d'après M. Morren, auraient été successives et répétées.

Le même savant s'est attaché à démontrer la contemporanéité du castor et de l'homme dans les Flandres, où des débris d'aurochs ont aussi été trouvés dans des tourbières, près d'Auxy-le-Château (1).

(1) *Acad. de Bruxelles*, 4 avr. 1835. — *L'Institut*, 13 juin et 12 août 1835.



CHAPITRE IV.

TERRAIN QUATERNAIRE DE LA FRANCE.

§ 1. Bassin de la Seine.

Le bassin de la Seine, limité au nord par la ligne de partage de l'Artois et le prolongement occidental de celle de l'Ardenne, à l'est par la crête de l'Argonne, le plateau de Langres, la chaîne de la Côte-d'Or, le massif du Morvan au sud et au sud-ouest, par la ligne de partage du Mellerault, et au nord-ouest par la mer, peut être regardé comme une dépression elliptique, tronquée à son extrémité nord-ouest et dans laquelle le phénomène erratique s'est produit des bords vers le centre, ou mieux, vers le grand axe, en inclinant constamment au S.-O., à l'O. ou au N.-E., suivant la partie du périmètre que l'on considère. Au nord-ouest, cependant, une ligne de partage, qui de Landrecies se dirige vers Forges-les-Eaux et Ivetot, en formant une courbe dont la concavité est tournée au N.-O., isole du bassin de la Seine un système de cours d'eau qui se rendent directement dans la Manche, et que l'on peut désigner sous le nom de *bassin de la Somme.*

Dans l'étendue de ces limites on reconnaît presque toujours le terrain diluvien ou quaternaire, composé, à la base, de sable, de cailloux roulés, de gravier et de blocs erratiques, mais sans aucun débris de roches étrangères au pourtour ou à l'intérieur du bassin, et, vers le haut par le dépôt argilo-sableux ou alluvion ancienne avec les mêmes caractères qu'en Belgique. C'est à ce limon que les plaines de la Flandre, de l'Artois et de la Picardie doivent leurs richesses agricoles, et nous allons le suivre en même temps que le dépôt de cailloux roulés, de l'ouest à l'est, puis au sud, dans les départements où l'un et l'autre ont été étudiés.

Côtes de la Manche.

Un sondage exécuté à Calais a traversé, avant d'atteindre les couches tertiaires, 23 mètres de dépôts coquilliers modernes et de cailloux roulés appartenant au terrain quaternaire (1), et sur cette

(1) *Des divers projets pour donner de l'eau à la ville de Calais*, par M. Legros Devot. Calais, 1845.

pente nord de l'axe de l'Artois, nous avons fait voir que les dunes récentes reposaient sur un dépôt de transport composé de sable plus ou moins coloré, de vase argileuse empâtant des cailloux roulés de diverses grosseurs, de silex, de grès ferrugineux et de calcaire crayeux (1). Ce dépôt passe à un poudingue incohérent très chargé d'oxyde de fer. Il est séparé de la craie, entre Sangatte et le cap Blanc-Nez, par une couche d'argile sableuse jaunâtre et un banc de sable vert foncé, et de plus il est identique avec celui qui recouvre la craie sur la côte opposée du détroit, entre Douvres et Folkstone.

Dans le Haut-Boulonnais, la surface de la craie est occupée par des silex pyromaques, la plupart intacts et ne paraissant pas avoir été roulés. Ils sont empâtés dans une marne brune, souvent rougeâtre, dont l'épaisseur n'est jamais bien considérable et qui remplit des crevasses assez profondes de la craie. Le même dépôt, dans le Bas-Boulonnais, s'étend sur les diverses roches jurassiques ou de transition qui le rendent plus ou moins sablonneux, argileux ou calcarifère. La grosseur des silex et leur nombre diminuent d'ailleurs à mesure qu'on s'éloigne de la ceinture crayeuse de ce petit bassin (2).

A l'ouest de Montreuil-sur-Mer, les cailloux roulés forment des lambeaux très considérables (3), et à Saint-Valery-sur-Somme le château et la partie haute de la ville sont bâtis sur un promontoire qui semble annoncer une élévation du sol, contemporaine de ces plages soulevées que nous avons vues si fréquentes de l'autre côté du détroit (4) et dont les falaises de Dieppe à Fécamp et surtout à Saint-Valery-en-Caux (5), de même que le rivage de Sainte-Adresse près du Hâvre, offrent probablement aussi quelques exemples moins prononcés. A Sainte-Marguerite, au sud de Dieppe, le terrain tertiaire inférieur est surmonté par un amas de sable et de cailloux roulés semblables en tout à ceux de Newhaven (Sussex), de Barton (Hampshire), etc. (6).

(1) D'Archiac, *Mém. sur le groupe moyen de la formation crétacée.* (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. III, p. 263. 1839).

(2) Rozet, *Description géognostique du bassin du Bas-Boulonnais*, p. 26, in-8. Paris, 1828.

(3) D'Archiac, *Bull.*, vol. X, p. 220. 1839.

(4) *Id. ib.*, 2e sér., vol. I, p. 59, 60. 1843.

(5) Eug. Robert et C. Prévost, *ib.*, p. 56.

(6) D'Archiac, *Bull.*, vol. X, p. 220. 1839.

En s'éloignant de la côte, les plateaux crayeux ne sont plus recouverts que de silex de la craie, peu ou point roulés, entourés d'une argile sableuse brune ou jaunâtre. C'est ainsi que se présentent les dépôts diluviens dans le département de la Seine-Inférieure et dans les parties de ceux d'Eure-et-Loir, de l'Eure et du Calvados qui sont occupées par la craie. Souvent ils sont formés de deux assises se mêlant au contact. L'assise supérieure, quelquefois de 25 mètres de hauteur, est une argile assez compacte, jaunâtre, renfermant de petits fragments de silex, disposés par bandes ou lits discontinus de quelques décimètres d'épaisseur; l'assise inférieure, qui repose sur la craie, est un mélange d'argile plastique, souvent rouge, et de débris anguleux de silex qui n'ont subi aucune altération, et qui évidemment n'ont point été transportés (1). Départements de l'Eure et du Calvados.

D'après M. de Caumont (2) les éléments du dépôt diluvien se modifient selon la nature des couches solides qui les supportent, et les fragments de ces dernières sont toujours plus nombreux que ceux des roches éloignées. Ainsi, sur les formations jurassique et crétacée, c'est une argile de teinte variable suivant la roche d'où elle provient, enveloppant des silex analogues à ceux des couches en place, sous-jacentes, et quelques fragments de quartz; sur le terrain de transition, ce sont des argiles de diverses couleurs, des sables jaunes, plus ou moins fins, des galets quartzeux, et accidentellement de petits silex. Un fait assez remarquable est la présence de gros blocs de quartz grenu, épars à la surface du *forest marble* dans les communes de Lébisay, de Saint-Aubin-d'Arquenay, etc., et éloignés de plus de 6 lieues des roches d'où ils ont été détachés.

La formation erratique du bassin de la Somme se compose de lits de sable et de gravier siliceux, de silex plus ou moins roulés, blonds, gris, noirs ou blanchâtres; de fragments de grès; de fossiles siliceux provenant de la craie et de Nummulites tertiaires. Parmi les cailloux on en remarque qui sont plus roulés, verts à l'extérieur et répandus surtout dans les arrondissements de Montdidier et de Péronne. Ces silex verts, dont nous avions signalé l'origine Bassin de la Somme.

---

(1) A. Passy, *Descript. géol. du dép. de la Seine-Inférieure*, p. 84 et 95, in-4. Rouen, 1832.

(2) *Topographie géognostique du Calvados*, p. 43, 81 et 107, in-8. Caen, 1825.

tertiaire (1), ont été aussi parfaitement distingués par M. Buteux (2), qui fait remarquer leur abondance précisément sur les points où les sables inférieurs forment encore de nombreux lambeaux à la surface de la craie et ont été moins dénudés. L'alluvion ancienne sablonneuse qui recouvre les graviers et les cailloux, s'étendant sur tous les plateaux crayeux, prend, lorsqu'elle repose immédiatement sur la craie, les caractères d'une argile tenace, brune, ferrugineuse avec des silex non roulés. Elle est alors connue dans le pays sous le nom de *bief*, et, lorsqu'elle est mélangée d'une grande quantité de petits fragments de craie plus ou moins arrondis, elle constitue le *thuin*. On y trouve des coquilles terrestres et d'eau douce d'espèces vivantes dans le pays.

A Ménechecourt, près d'Abbeville, on a recueilli dans l'assise inférieure, composée de bancs de sable marneux avec des lits obliques de sable blanc et des veines d'argile, des ossements d'éléphant, de rhinocéros, de cerf, de bœuf, d'aurochs, d'ours, de chien, de chat, de tigre et de cheval, mélangés avec une grande quantité de coquilles fluviatiles et terrestres qui vivent encore aux environs, et des coquilles marines identiques à celles qui habitent la côte, mais moins nombreuses que les précédentes, suivant les observations de MM. Ravin et Baillon (3). M. Buteux ajoute qu'il y a aussi quelques coquilles tertiaires et beaucoup de fossiles de la craie, particulièrement des Échinides. Le diluvium des environs d'Amiens est également riche en débris de grands mammifères (4).

M. Ravin (5) a décrit des tourbières rapportées par lui à l'époque diluvienne et qui occupent le fond des vallées et le bord de la mer où elles reposent sur une glaise marneuse, bleue, grise ou noirâtre. Le long de la plage, la tourbe est recouverte par des sables modernes, et dans les marais elle l'est par une tourbe plus récente. Ces couches de tourbe ancienne, où l'on trouve beaucoup d'arbres aplatis, renversés en tous sens (ifs, sapins, chênes, coudriers), sont exploitées à l'embouchure de la Canche et sur d'autres points du rivage. Elles se montrent depuis le pied des collines qui for-

---

(1) D'Archiac, *Bull.*, vol. X, p. 173 et 221. 1839.

(2) *Esquisse géologique du département de la Somme*, p. 61 et 123, in-8. Amiens, 1843.

(3) *Mém. géol. sur le bassin d'Amiens*, p. 49, in-8. Abbeville, 1836.

(4) *Ann. générales des sc. physiques*, vol. IV, p. 12.

(5) *Loc. cit.*

maient autrefois la côte jusqu'au-delà des limites de la basse mer, en passant sous les dunes actuelles. Leur épaisseur est rarement de plus d'un mètre, et l'on y trouve aussi des ossements de mammifères. M. Rozet (1) avait également signalé les tourbes du même âge exploitées dans le Bas-Boulonnais, depuis Equihen jusqu'à Saint-Frieux.

M. Buteux (p. 115), qui comprend les deux assises quaternaires sous le nom de diluvium, explique à peu près, comme nous le ferons plus loin, la disposition relative des cailloux au fond ou sur les flancs des vallées et celle de l'alluvion ancienne sur les plateaux. Il les attribue à la différence des pouvoirs de transport des courants, et c'est par la même raison que les ossements de grands quadrupèdes se rencontrent avec les cailloux, le sable et le gravier vers le fond des vallées, et non dans l'alluvion ancienne des plateaux.

Départements de l'Aisne et de l'Oise.

Nous avons fait voir (2) que l'examen des dépôts diluviens dans la vallée de l'Oise et sur les plaines environnantes, depuis la source de cette rivière, à la frontière de Belgique, jusqu'à son confluent avec la Seine, était très propre à démontrer la relation des cailloux roulés mélangés de sable et de blocs erratiques avec l'alluvion ancienne qui les recouvre, et à tracer la direction N.-E., S.-O., suivie par le courant qui a charrié et déposé les premiers. Ainsi, de Maquenoise à Hirson, la vallée ne présente que des fragments plus ou moins roulés des roches de transition que traverse le cours de la rivière. En descendant à Etréaupont, on y trouve des calcaires jurassiques et des silex de la craie, formations qui ont succédé aux roches anciennes. A Guise, le dépôt erratique s'élève à 56 mètres au-dessus de l'Oise, et, à une distance de 2 kilomètres dans les terres, son épaisseur est encore de 8 mètres. Il est composé de quartzites et de schistes de transition, de quelques grès plus récents, de silex de la craie, et surtout de quartz laiteux, dont le volume varie depuis celui de la tête jusqu'à celui de grain de sable, le tout sans apparence de stratification, et mélangé de sable verdâtre et d'argile grise.

Au-delà, les fragments de roches anciennes diminuent graduel-

(1) *Descript. géol. du bassin du Bas-Boulonnais*, p. 32, in-8. Paris, 1828.

(2) D'Archiac, *Essai sur la coordination des terrains tertiaires*, etc. (*Bull.*, vol. X, p. 221. 1839.) — *Descript. géol. du dép. de l'Aisne*, (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. V, p. 173-195. 1843

lement en volume et en nombre, et les cailloux de quartz persistent presque seuls aux environs de La Fère et de Noyon, où le dépôt ne quitte plus le fond de la vallée. Les silex à demi roulés de la craie y dominent alors avec des fragments de diverses roches tertiaires des environs, du sable, des fossiles tertiaires et des os de cheval, de bœuf, d'éléphant et de cerf. De Maquenoise à Noyon, sur une étendue de 23 lieues, la superposition de l'alluvion ancienne aux cailloux roulés avec sable et gravier est toujours très nette, et l'on n'observe aucun mélange entre les deux assises, ni au fond des vallées, ni sur le bord des plateaux.

En s'éloignant de la vallée principale, et lorsque l'alluvion ancienne recouvre la craie blanche avec silex, elle renferme, à sa partie inférieure, beaucoup de silex brisés, mais nullement roulés (arrondissement de Vervins). On y trouve parfois des veines ou des amas irréguliers de sable glauconieux, et, dans ce cas, on rencontre, avec les silex précédents encore enveloppés de leur gangue crayeuse, d'autres silex roulés, à surface verte et rugueuse, semblables à ceux que l'on observe à la base de la glauconie tertiaire inférieure (Le Nouvion, la Capelle). Si, au contraire, le dépôt surmonte la craie blanche sans silex, les couches tertiaires ou même jurassiques, on le voit souvent mélangé d'une multitude de petits fragments de ces diverses roches (départements de l'Aisne, de la Marne, de la Meuse), et il constitue le *thuin* du département de la Somme. Les parties les plus argileuses et brunes, analogues au *bief* de la Picardie et de l'Artois, forment le sol des forêts du Nouvion, du Regnaval, d'Aubenton, etc. Sur les points où le dépôt atteint une certaine épaisseur, on voit toujours les silex non roulés et l'argile prédominant vers le bas diminuer à mesure que l'on s'élève dans la masse, puis manquer tout à fait vers le haut, où le sédiment limoneux prend son caractère uniforme, si constant sur de très grandes étendues de pays.

De Noyon à Creil, les dépôts dont nous nous occupons n'offrent rien de particulier ; mais nous ferons remarquer que, si dans la plupart des cas les caractères généraux du diluvium de cailloux roulés et l'état des matériaux qui le composent empêchent de le confondre avec les silex de la base de l'alluvion ancienne, lesquels ne sont alors jamais roulés ni associés à des fragments de roches d'une époque antérieure ou étrangère au sous-sol crayeux, dans quelques uns, au contraire, on peut reconnaître que les causes qui ont produit les deux dépôts ont eu des relations assez intimes.

Ainsi nous avons démontré, M. de Verneuil et nous (1), « la con-
» tinuité du dépôt argilo-sableux des plateaux de craie des environs
» de Tartigny et de Breteuil (Oise) avec celui du fond de la vallée
» de la Brèche, entre Creil et Clermont, sur une hauteur verticale
» de 100 mètres et une étendue horizontale de 46 kilomètres.

» Le diluvium de cailloux roulés mélangés de sable qui occupe
» le fond des vallées et s'élève plus ou moins sur leurs pentes, ainsi
» que l'alluvion ancienne qui le recouvre dans toutes les positions
» seraient le résultat de deux phases du même phénomène. Leurs
» différences, lorsqu'on les compare sur divers points, ont eu pour
» cause des différences correspondantes dans la vitesse, la profon-
» deur et la direction des eaux. Ainsi là où la section du courant
» était la plus grande et surtout la plus profonde, c'est-à-dire vers
» le débouché de chaque vallée secondaire dans la vallée principale,
» le dépôt de cailloux est plus épais, les cailloux sont plus arrondis,
» et, si les collines environnantes appartiennent au terrain tertiaire,
» on y trouve des fragments de roches, des coquilles et du sable de
» ce terrain mélangés avec les silex provenant de la craie. L'alluvion
» ancienne, qui surmonte alors le tout, est plus sablonneuse et cal-
» carifère, et les coquilles fluviatiles et terrestres qui ont été en-
» traînées des étangs, des marais ou des cours d'eau voisins y
» sont plus ou moins abondantes.

» Au fur et à mesure que l'on remonte les vallées du second
» ordre, et que l'on s'éloigne du terrain tertiaire, le diluvium est
» moins sableux, moins épais, renferme moins de coquilles et de
» roches tertiaires. L'alluvion ancienne est aussi moins sablonneuse,
» moins calcarifère ; l'alumine tend à y prédominer, et les coquilles
» fluviatiles et terrestres ne s'y montrent plus que rarement. Enfin,
» sur les plateaux crayeux de la Picardie, la couche de silex est
» souvent très réduite ; ou bien ceux-ci sont peu ou point roulés,
» excepté les cailloux verts d'une origine plus ancienne. »

M. Graves, dans son excellent *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise* (2), a décrit sous le nom de *diluvium des vallées* le dépôt erratique proprement dit, et sous celui de *diluvium des plaines* l'alluvion ancienne. Tous les détails dans lesquels il est entré à ce sujet s'accordent d'ailleurs parfaitement avec ce qui vient d'être dit. De plus, il fait remarquer (p. 530),

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 342. 1845.
(2) P. 529, in-8. Beauvais, 1847.

quant à l'assise de cailloux roulés, que l'épaisseur des amas qu'elle constitue et le volume de ses principaux éléments semblent être en raison directe de la grandeur des dépressions dans lesquelles ces matériaux ont été déposés. Tous les débris transportés montrent des traces irrécusables de l'altération que le charriage leur a fait subir, mais il en est très peu dont les formes soient tout à fait sphéroïdes ou ovalaires, comme celles des galets de la glauconie tertiaire inférieure ou des sables moyens.

C'est dans ce dépôt seul, continue l'auteur, que l'on rencontre des restes d'éléphant, de rhinocéros, de cheval, de cerf et d'autres mammifères dont les espèces sont éteintes. Les os, toujours disjoints, sont fréquemment brisés et ordinairement rassemblés sur certains points plus ou moins éloignés les uns des autres, et dans les intervalles desquels on en trouve à peine quelques débris isolés. On les observe aussi plutôt sur les bords de l'ancien rivage du dépôt, là où le mouvement des eaux paraît les avoir poussés, que vers le centre ou au fond de la masse; par la même raison, ils ne sont presque jamais associés aux blocs de roches ou autres gros fragments que leur pesanteur a fait rester au milieu et vers le bas des vallées.

M. Graves pense que les éléments principaux de l'alluvion ancienne ont été pris sur place et n'ont subi qu'un faible remaniement, et, à cet égard, il fait voir quelles sont ses modifications à la surface de telle ou telle couche tertiaire ou crétacée; car elle paraît manquer sur la formation jurassique du pays de Bray. Cependant, malgré l'influence locale très probable du sous-sol sur la composition de ce grand dépôt, ses caractères généraux, lorsqu'on le considère sur une certaine étendue, ne permettent guère d'admettre qu'il soit exclusivement dû aux roches qu'il recouvre actuellement, car nous avons toujours pu le reconnaître, quelles que soient la nature et l'ancienneté de ces roches, depuis les schistes de transition jusqu'aux divers étages tertiaires. Sa puissance est très variable, et paraît dépendre du degré d'inclinaison de la surface sur laquelle il a été déposé. Elle est de 8 à 10 mètres sur les plateaux de calcaire lacustre moyen, dont l'horizontalité est presque parfaite, et moindre sur ceux de la craie et du calcaire grossier, où ses caractères sont plus uniformes dans toute sa hauteur. Des Succinées, des Hélices, des Cyclostomes élégants et d'autres coquilles fluviatiles et terrestres, vivant dans le pays, y sont assez répandues (p. 549).

Nous avons aussi décrit les dépôts diluviens d'une partie des

vallées parcourues par la Marne, l'Aisne et leurs affluents (1), et nous avons fait voir que les cailloux roulés de quartz de la vallée de la Serre située plus au nord avaient exigé pour y être amenés un cours d'eau qui s'élevât d'au moins 123 mètres au-dessus du niveau actuel de cette rivière à Rozoy, et cela à une distance de moins de 4 lieues en ligne droite, au nord-est de cette ville.

D'après MM. Sauvage et Buvignier (2), « les produits de l'époque » diluvienne seraient liés intimement les uns aux autres, et il n'y a » point eu de transition brusque entre les alluvions anciennes et » celles de notre époque; » mais nous ne pouvons admettre cette conclusion, qui est d'ailleurs réfutée dans le même ouvrage (p. 56), où les auteurs disent que ce dépôt d'alluvion jaune est antérieur au creusement des vallées et ne se trouve que sur les plateaux. Or, comme le creusement des vallées n'est point un phénomène de l'époque actuelle, il ne peut y avoir de liaison entre cette même alluvion et les dépôts qui se forment encore. On conçoit seulement que, par la nature meuble de ces sédiments, il a pu y avoir sur quelques points des remaniements peu anciens, dus à des causes locales et accidentelles; mais cela n'implique pas la liaison générale des sédiments de l'une et de l'autre époque. La coupe donnée (pl. III, fig. 41) fait très bien voir aussi que les alluvions modernes se distinguent par leur horizontalité, tandis que les autres se raccordent toujours plus ou moins avec les pentes, ainsi que les auteurs l'ont fait remarquer eux-mêmes (p. 68). Département des Ardennes.

Dans le département des Ardennes, comme dans les précédents, l'alluvion ancienne avec silex s'étend sur les lambeaux de craie qui s'avancent au nord de Chaumont-Porcien, et au-delà elle recouvre le grès vert de Rumigny, mais ne renferme plus de silex. Plus à l'est, on y trouve encore des fragments de roches crétacées sous-jacentes, et elle alimente les briqueteries de Vouziers, Beaurepaire, Novion, Rocquigny et Blanchefosse.

MM. Sauvage et Buvignier ont décrit avec beaucoup de soin les produits de l'époque diluvienne qui remplissent les dépressions, les cavités, les fentes et les boyaux du groupe jurassique inférieur, et qui méritaient une attention spéciale par la variété de leurs carac-

(1) *Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. V. p. 188 et 191. 1843.

(2) *Statistique minéralogique et géologique du dép. des Ardennes*, in-8 avec carte et coupes. Mézières, 1842.

tères et par les ressources métallurgiques qu'ils renferment. On y trouve, en effet, 1° du fer oxydé hydraté en grains, en concrétions tuberculeuses, en stalagmites et en stalactites, au milieu d'argiles rougeâtres avec cailloux roulés de quartz blanc; 2° des argiles blanches, bleues ou rouges; 3° du sable blanc et jaune, et du gravier siliceux; 4° des argiles pyriteuses.

On distingue deux variétés principales dans les minerais de fer de ces cavités. La première, qui appartient à celles de la grande oolithe, est un oxyde de fer compacte, de structure bacillaire, composé de tubes allongés, d'un très petit diamètre, accolés les uns aux autres. Chaque tube est formé de couches concentriques. Ce minerai, dit *en clous*, est le plus pur de tous ceux de cette époque et a été formé à la manière des stalactites. La seconde variété est un minerai en grains luisants, irréguliers, de la grosseur d'un pois à celle d'une noix. On la rencontre particulièrement dans les dépressions de l'oolithe inférieure et dans le voisinage des marnes du lias, au milieu d'une argile ocreuse avec des cailloux de quartz blanc, semblables à ceux qui forment l'alluvion de la vallée de la Meuse. D'autres minerais sont exploités à ciel ouvert. Les cavités et les boyaux sont tous dans l'oolithe inférieure ou la grande oolithe, mais les divers amas ne se lient point entre eux; ils sont disséminés sans ordre apparent sur l'affleurement des roches, et il est probable que plusieurs de ces minerais sont analogues à ceux que M. Dumont a signalés dans le Luxembourg (*antè*, p. 145).

Des argiles blanches, des sables de verrerie et de l'halloysite se trouvent encore dans des gisements analogues et sont contemporains. Dans le bois d'Enelle, une argile noire ou brun foncé, bitumineuse et sulfureuse, repose sur une marne jaune ou rouge et est recouverte par 3 ou 4 mètres de détritus. Des minerais de fer existent également dans le terrain de transition, et quelques uns, assez importants, se trouvent près de la limite des schistes ardoisiers et du lias, avec des fossiles peu déterminables, provenant de l'une ou de l'autre de ces roches. Tels sont les gisements d'Éteignères, de Signy-le-Petit et de Tremblois.

Le diluvium des vallées de l'Aisne et de l'Aire ne renferme que les débris plus ou moins roulés des terrains que ces rivières coupent dans leur cours en traversant les départements de la Meuse et des Ardennes. M. Michelin (1) a signalé l'abondance des fossiles de la

(1) *Bull.*, vol. VII, p. 83. 1836.

craie dans un gravier diluvien qui entoure Sainte-Menehould ; mais à l'ouest de ce point l'absence de l'alluvion ancienne dans la zone de craie blanche comprise entre les vallées de l'Aisne et de la Marne est cause de la stérilité qui a valu à cette partie de la Champagne la triste épithète sous laquelle elle est généralement connue.

Département de la Haute-Marne.

Quoiqu'en s'avançant vers le sud et vers l'est le limon jaune argilo-sableux soit moins constant qu'au nord et à l'ouest, nous ne laissons pas cependant que d'en trouver encore des traces assez nombreuses pour constater que la cause qui l'a produit s'est étendue dans cette partie du bassin, et que, s'il y est moins continu et moins nettement séparé des graviers et des cailloux roulés, cela doit tenir à ce que, son épaisseur y étant moindre dès l'origine, les actions pluviales en auront plus facilement dénudé de grandes étendues.

Dans l'arrondissement de Vassy, M. Cornuel (1) a décrit le diluvium qui recouvre les groupes inférieurs de la formation crétacée, comme composé de matériaux provenant des roches environnantes, tels que les argiles et les sables, dont la désagrégation était la plus facile ; mais l'uniformité des caractères de la couche argilo-sableuse supérieure ne permet pas d'y méconnaître l'alluvion du Nord. Il existe aussi quelques lambeaux de gravier sur des buttes isolées, et le fond des vallées de la Marne et de la Blaise est occupé par un sable jaunâtre ou grisâtre enveloppant de petits cailloux plats de calcaire compacte. L'auteur y mentionne quelques fragments de roches anciennes (quartzite, grès lustré, syénite, granite, diorite), dont il est à regretter que l'origine n'ait pas été déterminée; car ce sont les seules roches cristallines qui aient été signalées jusqu'à présent dans le bassin de la Seine et qui ne paraissent pas provenir directement du massif du Morvan, leur présence n'ayant point été constatée dans les vallées du département de l'Aube, qui en sont plus rapprochées. Peut-être proviendraient-elles de la chaîne des Vosges, le plateau jurassique de la Bourgogne présentant, comme nous l'a fait remarquer M. de Roys, une dépression sensible à l'est du point où ces fragments ont été trouvés, dépression par laquelle ils auraient pu passer du bassin de la Meuse dans celui de la Seine. Des os d'éléphant ont aussi été recueillis dans la vallée de la Voire.

Département de l'Aube.

On doit à M. Leymerie (2) la description des accumulations diluviennes des vallées de la Seine, de l'Aube et de l'Aumance, dans

(1) *Mém. sur les terrains de l'arrondissement de Vassy.* (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol IV, p. 270. 1841.)

(2) *Bull.*, vol. XIII, p. 63. 1841. — *Mém. de la Soc. d'agric.*,

leur étendue à travers le département de l'Aube. Ce géologue a fait voir que leurs caractères n'étaient bien prononcés qu'à une certaine distance de l'origine de ces vallées et dans les parties où elles présentent de grands élargissements. Les dépôts s'observent alors sur une largeur de 4 lieues environ et atteignent 60 mètres au-dessus du niveau moyen des eaux actuelles. Ils sont composés de gravier d'origine jurassique ou néocomienne et de veines sablonneuses mélangées de terre jaunâtre ou rougeâtre argilo-calcaire, ou argilo-sableuse, qui, lorsqu'elle est bien développée, occupe en général la partie supérieure. La plus grande épaisseur des sédiments quaternaires est de 10 à 15 mètres. La nature de leurs éléments est en rapport avec celle des roches qui bordent les rivières du côté de leurs sources, ou qui en sont peu éloignées dans cette direction, de sorte que, dit l'auteur, les choses se présentent comme si ces matériaux avaient été transportés par l'action de courants, qui auraient suivi la direction et le sens des rivières d'aujourd'hui, mais dont le volume des eaux aurait été bien plus considérable. Le courant, ou les courants ont dû venir du S.-E., et les détritus ne se seraient point accumulés en un instant, mais pendant un temps assez long; en outre, des moments de violence ont été séparés par des moments de calme et de tranquillité. Des débris d'éléphant, particulièrement des dents, ont été rencontrés sur quelques points (environs de Troyes) dans le gravier, et, dans la terre jaune représentant l'alluvion ancienne, des Hélices, des Succinées analogues aux espèces vivantes dans le pays et des dents de cheval ne sont point rares.

M. Leymerie rapporte encore à cette époque le tuf de Resson qu'il avait décrit précédemment, et qui est composé, vers le bas, de travertin assez pur renfermant des Hélices, des Lymnées et des Cyclostomes, souvent ornés de leurs couleurs, des plantes aquatiques et terrestres, enfin, des dents d'éléphant et de castor; puis, vers le haut, d'une sorte de dépôt de remplissage agglutiné par du carbonate de chaux, le tout ayant une épaisseur de 8 à 10 mètres. M. Clément Mullet (1) s'est occupé de la formation de ce tuf, qu'il attribue, non à des eaux calcarifères qui seraient venues peu à peu

---

sc. et arts de l'Aube, vol. IX, p. 89. 1838. — *Statistique géol. et minér. du départ. de l'Aube*, p. 85, in-8, avec atlas de coupes, fossiles et carte. Troyes, 1846.

(1) *Bull.*, vol. XIV, p. 515. 1843.

envahir un marais, comme le suppose M. Leymerie, mais au ruisseau qui coule au fond de la vallée, où il dépose encore des incrustations calcaires et qui, à une époque ancienne, ayant été beaucoup plus considérable qu'il ne l'est aujourd'hui, aurait formé un dépôt plus étendu.

On sait depuis longtemps que le diluvium de sable, de gravier et de cailloux roulés de la vallée de la Seine aux environs de Paris, renferme des fragments de granite dont l'origine doit être cherchée dans le massif du Morvan, d'où ils ont été apportés par la vallée de l'Yonne; l'examen du gravier fin et du sable montre en outre que le quartz hyalin et le feldspath rose entrent pour une partie notable dans sa composition, quoique les détritus de diverses roches jurassiques, crétacées et tertiaires en constituent la masse principale. M. Clément Mullet (1) a fait remarquer avec justesse que la différence que présente à cet égard le diluvium de la vallée de la Seine, à Paris et dans le département de l'Aube, tient à ce que les débris de roches cristallines, charriés seulement par l'Yonne et ses affluents, qui prennent leur source dans le Morvan, ne peuvent arriver dans la Seine qu'à Montereau. Ce fait, qui semble confirmer ce que nous avons dit des roches anciennes recueillies par M. Cornuel, dans l'arrondissement de Vassy, prouve également que les courants diluviens ne venaient point d'une direction unique, mais qu'ils convergeaient des bords du bassin vers son centre, suivant les dépressions préexistantes, et que leur élévation ou leur force de transport ne suffisait pas pour faire passer les débris qu'ils charriaient d'une de ces vallées dans l'autre.

A Pont-Aubert, près d'Avallon, la Société géologique, lors de sa réunion extraordinaire en 1845 (2), reconnut que le monticule de sable et de cailloux roulés de 20 mètres d'épaisseur, qu'on avait soupçonné pouvoir être une ancienne moraine, présentait tous les caractères d'un amas diluvien placé au débouché d'une vallée granitique fort étroite. Département de l'Yonne.

Autour d'Auxerre, le dépôt de cailloux roulés acquiert une certaine épaisseur sur les pentes inférieures et moyennes des collines où il recouvre les calcaires marneux compactes de l'étage de Port-

(1) *Bull.*, vol. XIV. p. 515. 1843.
(2) *Id.*, 2ᵉ sér., vol. II, p. 683. 1846. — Voyez aussi Cotteau, *Aperçu géologique du dép. de l'Yonne*, in-8. Auxerre, 1847. — Les débris de Mastodonte et de *Dinotherium* cités par l'auteur dans le diluvium lui appartiennent-ils réellement?

land. Plus au sud, entre Toucy et Saint-Fargeau, les plateaux sont occupés par un sable rougeâtre avec des silex bruns, jaunes ou gris, assez volumineux; et, en remontant au nord-ouest, le long de l'axe du Mellerault, on trouve les plaines uniformes de Montargis, de l'Orléanais et de la Beauce, recouvertes par des sables, des graviers et des cailloux, qui n'ont pas encore été assez étudiés pour qu'on ait pu déterminer la limite, à cette époque, des bassins de la Loire et de la Seine. Ainsi, de Montargis à Briare, la craie est masquée par des sables jaunâtres, plus ou moins épais, renfermant des silex en général peu volumineux, et tout ce pays d'un aspect triste, plat et stérile, où végètent des sapins et des bruyères, dénote un sol aride, sec et sans profondeur. Si d'ailleurs ce dépôt meuble était le prolongement de ceux de la forêt d'Orléans et des communes de Chevilly, des Barres, des Aydes, de Saint-Paravay-la-Colombe, de Bacon, etc., où tant d'ossements de mammifères de l'époque des faluns ont été recueillis, il devrait être rapporté à la formation tertiaire moyenne. Les plaines de l'Orléanais et de la Beauce n'ont point de diluvium proprement dit. La terre végétale y est d'une très faible épaisseur, et sa fertilité proverbiale pour les céréales tient à certaines circonstances que nous avons déjà indiquées (1). Mais il est digne de remarque, et cela s'accorde avec l'absence de diluvium comme avec la convergence de tous les détritus vers l'axe du bassin, que bien que la ligne de partage des eaux de la Loire et de la Seine, entre Saint-Amand (Nièvre) et Artenay, au nord d'Orléans, soit à peine sensible, aucun débris de roches venant du centre de la France par la vallée de la Loire n'est passé dans le bassin de la Seine.

Départements de la Seine et de Seine-et-Oise. Autour de Paris, dans les départements de la Seine, de Seine-et-Marne et de Seine-et-Oise, où viennent converger, comme en un vaste faisceau, les principaux affluents de la Seine, l'étude des dépôts quaternaires a peu ajouté à ce que l'on devait déjà aux recherches de G. Cuvier et d'Alex. Brongniart. M. de Roys (2), en s'occupant d'une manière toute spéciale des couches tertiaires qui bordent les vallées de l'Yonne et du Loing, n'a point négligé l'examen des dépôts plus récents; mais les seuls cailloux qu'il ait reconnus pour être étrangers aux roches du pays sont des silex roses, que l'on retrouve aussi dans les poudingues inférieurs, entre Nemours et Château-Landon, et dont l'origine première paraît devoir être

(1) D'Archiac, *Descript. géol. du dépt. de l'Aisne.* (*Mém. de la Soc. géol.*, vol. V, p. 162. 1843.)
(2) *Bull.*, vol. XII, p. 251. 1841.

cherchée dans la craie de Blois et de Chaumont. Si ces cailloux provenaient de certains calcaires lacustres du Berry, et non des poudingues précédents, on devrait s'étonner de ne pas les voir accompagnés d'autres roches du même pays. Dans le département de Seine-et-Oise, qui entoure complétement celui de la Seine, M. de Sénarmont (1) a établi un grand nombre de divisions parmi les sédiments diluviens, qu'il distingue d'abord en *diluvium des plateaux* et *terrain de transport des vallées;* mais nous pensons que ces subdivisions, très bonnes pour une description locale, disparaissent lorsqu'on embrasse un plus grand horizon, et doivent rentrer dans les deux assises que nous avons constatées sur tant de points.

Par suite des travaux entrepris pour les fortifications de Paris, M. Le Blanc (2) a communiqué plusieurs observations intéressantes sur les cailloux roulés et sur l'alluvion ancienne. Au sud de la capitale, celle-ci recouvre ordinairement une couche de sable argileux rouge avec des silex roulés, des fragments de grès et de meulière. Ce sable remplit de nombreuses cavités ou puits naturels qui ont été suivis jusqu'à une profondeur de 16 mètres dans le calcaire grossier sous-jacent, et il pénètre même au-delà par des conduits horizontaux entre les plans des couches. Les cailloux enveloppés dans le sable ont leur grand axe vertical et le centre de gravité tournés vers le bas. Les parois des puits sont tapissées d'une argile fine, rouge, analogue à celle qui accompagne le sable. Quant à l'origine de ces puits naturels, par lesquels le savant auteur suppose que les éléments constituants de certaines couches ont pu être rejetés, nous aurons occasion d'y revenir en détail et de faire voir que s'il y a quelques circonstances dont l'explication reste incomplète, elles ne justifient cependant pas suffisamment l'hypothèse de couches sédimentaires d'une certaine étendue, formées par éjection.

M. Duval (3) a fait connaître l'existence, à une époque reculée, d'un petit lac situé entre Bicêtre et la barrière d'Italie. D'après le dépôt de cailloux qui en occupe le fond et le sable fin, pur ou argileux, qui garnit ses bords et qui est rempli de graines de *Chara* et de coquilles fluviatiles et terrestres, dont les espèces vivent encore, ce lac aurait été contemporain de l'alluvion ancienne et

---

(1) *Essai d'une descript. géol. du dép. de Seine-et-Oise*, p. 77, in-8. Paris, 1844. — *Id. du dép. de Seine-et-Marne*, in-8. 1844.

(2) *Bull.*, vol. XIII, p. 350 et 360. 1842. — *Id. ib.*, p. 149. — *Id. Diluvium entre Nogent et Vincennes*, *ib.*, vol. XIV, p. 360. 1843.

(3) *Bull.*, vol. XI, p. 302. 1840.

postérieure au dépôt de cailloux roulés du fond de la vallée. L'auteur a découvert dans le sable grossier et les cailloux du fond qui proviennent sans doute du dépôt erratique remanié des ossements d'éléphant, de cerf, de bœuf, de rhinocéros, de chevrotin, de blaireau, de cochon, de sanglier, de tigre ou de lion, de cheval, de plusieurs rongeurs, d'oiseaux, de batraciens, de lézards et de serpents, et parmi les coquilles, des Hélices, des Paludines, des Bulimes, des Cyclostomes, des Lymnées et des Cyclades (1). On sait que des débris de *Rhinoceros tichorhinus* ont été recueillis en 1838, à 5^m,50 de profondeur, lorsqu'on a posé les fondations des nouvelles constructions de l'hôtel de ville de Paris (2), et que des ossements d'*Elephas primigenius* furent trouvés enfouis dans le diluvium, sous le jardin de l'hôpital Necker (3).

M. Eug. Robert (4) a observé, sur le plateau de Meudon, du fer hydraté pisolithique et du fer hydraté formant le ciment d'une brèche composée de fragments de meulière, et qui seraient tous deux de l'époque diluvienne. Le manganèse, en veines horizontales, existe aussi dans les argiles qui accompagnent les minerais de fer et les meulières. M. Boucher de Perthes (5) signale dans le diluvium de la vallée de la Seine, comme dans celui de la vallée de la Somme, des objets de l'industrie humaine, mais aucun détail ne prouve leur contemporanéité avec la formation du dépôt.

Traces attribuées à des courants diluviens.

L'action de courants diluviens aurait produit, suivant M. Durocher (6), des surfaces polies sur les grès de la vallée de Franchart, dans la forêt de Fontainebleau, ainsi que des sillons semblables à ceux que l'on voit dans les Alpes et dans la Scandinavie, mais la nature de la pierre n'aurait pas permis la formation des stries fines et délicates, observées sur les roches anciennes. M. E. Robert (7) a objecté que ces traces n'étaient que les canaux d'écoulement des eaux pluviales à la surface des blocs de grès, opinion que partage M. Martins (8).

---

(1) *Bull.*, vol. XIII, p. 297, 1842.
(2) *Compt. rend.*, vol. VII, p. 978. 1838. — *Bull.*, vol. X, p. 29. 1838.
(3) *Ibid.*, vol. VII, p. 1051. — *Ib.*, vol. VIII, p. 131. 1839.
(4) *Bull.*, vol. XII, p. 374. 1841. — *Comp. rend.*, vol. XVI, p. 1154. 1843. — *Histoire de Meudon*, p. 286.
(5) *Compt. rend.*, vol XXV, p. 127. 1847.
(6) *Compt. rend.*, vol. XIII, p. 69. 1841.
(7) *Bull.*, vol. XIV, p. 394. 1843.
(8) *Ib.*, p. 395. — *Bibl. univ. de Genève*, sept. 1842. — *Verh. d. Schweitz Ges. zu Altdorf*, 1842, p. 93.

Généralités sur le bassin de la Seine.

Nous ne pouvons mieux terminer ce que nous avions à dire du terrain quaternaire du bassin de la Seine, qu'en rapportant les principales considérations que M. Élie de Beaumont a émises *sur la forme des profils des vallées* (1), et *sur les preuves de la grande étendue qu'ont embrassée les courants diluviens* (2).

Le célèbre professeur a d'abord fait voir, par la comparaison des profils d'un grand nombre de vallées ou par l'inclinaison de leurs flancs qui donne l'angle d'ouverture vers le ciel, et en prenant aussi cet angle aux points les plus resserrés, de manière à avoir l'angle le plus petit possible (3), que les vallées sont des *sillons* généralement très évasés, et que celles qui doivent leur origine à des fentes ont été fort élargies ensuite dans leur partie supérieure. Cependant il y a des exceptions qui montrent qu'il n'est nullement essentiel à un torrent, quelque impétueux qu'il soit, et quelque facilement désagrégeables que soient les roches au milieu desquelles il coule, d'élargir sa vallée au point de la changer en un sillon très évasé. Cet évasement si général dans la nature est donc l'effet d'actions différentes de celles qui s'exercent aujourd'hui.

La faible profondeur des vallées, comparée à leur largeur, donne à leurs profils une grande ressemblance avec ceux du lit des rivières, et leurs sinuosités, souvent très rapprochées, sont une analogie de plus; ainsi l'on peut penser que ces sillons tracés ou excavés à la surface des divers terrains, lors même qu'ils ont eu pour origine des fentes ou des systèmes de fentes, ont été façonnés ensuite par des courants d'eau. Or les traces du passage de ces courants sont les dépôts de transport qui occupent ordinairement le fond des vallées et s'élèvent plus ou moins sur leurs flancs. La force de ces courants est à la fois prouvée par le volume des matériaux charriés et par la hauteur à laquelle on les observe aujourd'hui. « Ainsi, dit » M. Élie de Beaumont, un courant aussi profond ne pouvait man-

(1) *Extr. des procès-verbaux de la Soc. philomatique*, 29 juillet 1843, p. 90.

(2) *Ib.*, 26 août 1843, p. 105.

(3) L'angle d'ouverture vers le ciel de la vallée de la Seine au-dessus de Corbeil, entre Seine-Port et Morsang est de 172° 50', la largeur de la vallée étant de 1500 mètres et sa profondeur de 47; à Montmeillan, en face de Fontainebleau, l'angle est de 169° 38', la largeur de la vallée étant de 1700 mètres et sa profondeur de 77; à Bar-sur-Seine, l'angle est de 168° 50', la largeur de la vallée étant de 2600 mètres et sa profondeur de 127 mètres.

» quer d'être très rapide, et un courant assez rapide pour transpor-
» ter de gros blocs sur une faible pente devait être très profond,
» deux données qui se confirment réciproquement. »

En cherchant à rétablir une des principales circonstances du régime du grand cours d'eau auquel est due la formation erratique du bassin de la Seine, l'auteur, en ne comprenant que le dépôt de sable avec cailloux roulés et blocs erratiques, fait remarquer d'abord que ces détritus se trouvent à la fois dans les divers rameaux et dans le tronc de cette espèce de grand arbre que forme la Seine et ses affluents, et qu'ils s'y présentent avec les mêmes circonstances. « Ainsi, en suivant la vallée du Cousin, puis celle de la Cure,
» puis celle de l'Yonne, et enfin celle de la Seine, depuis Pont-
» Aubert, à l'issue des montagnes du Morvan, jusqu'à la mer, on
» voit, *de Pont-Aubert à Rouen, le terrain erratique toujours*
» *semblable à lui-même*. Si dans d'autres rameaux il présente quel-
» ques différences, elles s'expliquent d'elles-mêmes par les diverses
» natures de roche que ces rameaux traversent. »

Pour déterminer si ces divers rameaux ont été parcourus simultanément ou successivement, on doit observer que leur pente va généralement en diminuant, depuis leur origine jusqu'à la mer, et que si l'on supposait, par abstraction, qu'un seul de ces cours d'eau, dont le volume serait constant, pût arriver isolément jusqu'à Rouen, par exemple, comme il parcourrait des pentes progressivement décroissantes, il arriverait à la hauteur de cette ville avec une vitesse beaucoup moindre que celle qu'il avait près de sa source. Mais tel n'est pas le régime des rameaux réunis de la Seine, qui se combinent successivement et forment des cours d'eau dont le volume augmente à mesure que leur pente diminue; et de la sorte il s'établit une compensation, par suite de laquelle les changements de vitesse, qui devraient résulter des modifications des pentes, se trouvent fortement atténués et même rendus peu sensibles par l'augmentation du volume des eaux.

Or la disposition des cailloux roulés et des blocs erratiques dans les vallées secondaires qui débouchent dans celle de la Seine prouve que le régime des eaux torrentielles qui les ont charriés et déposés était absolument le même que celui des rivières actuelles. Ces courants ont donc aussi augmenté de volume en descendant, ce qui suppose qu'ils étaient simultanés dans les divers rameaux et qu'ils étaient confluents comme le sont les divers rameaux de la Seine; conclusion qui entraîne l'existence d'une cause assez générale pour

embrasser à la fois tout son bassin, car des causes locales ou partielles eussent produit des effets tout contraires, et la manière d'être uniforme des détritus erratiques, de Pont-Aubert à Rouen, sur des pentes qui varient dans la proportion de *un* à *dix* et même davantage, serait inexplicable dans cette dernière hypothèse.

Ainsi, par cette manière ingénieuse de traiter le même sujet, M. Élie de Beaumont a obtenu des résultats identiques à ceux que nous avait offerts l'examen direct de chaque vallée prise isolément, et que nous avons exprimés en disant que l'assise de cailloux roulés du bassin de la Seine était due au transport, le long des vallées actuelles, des détritus des roches qui constituent ce bassin, détritus dont la nature, le nombre et le volume sont en rapport avec les couches que ces vallées traversent, avec leur plus ou moins de résistance au frottement et avec le plus ou moins d'éloignement de leur point de départ.

Mais il n'en est pas de même de l'alluvion ancienne, dont les caractères sont différents et dont la répartition est également différente. En effet, ce n'est pas seulement au fond ni sur les flancs des vallées que nous l'observons, mais encore dans les plaines et sur des plateaux à plus de 200 mètres d'altitude (entre les vallées du Petit-Morin et de la Marne), plateaux qu'elle recouvre d'une nappe uniforme, lorsque des circonstances particulières ne sont pas venues irrégulariser sa distribution. Quoique éprouvant quelques modifications locales dont il est facile de se rendre compte, elle conserve un aspect très uniforme. Si, sur les bords des vallées et vers les limites orientales et méridionales du bassin, elle semble se mêler aux débris erratiques caillouteux, ce sont des exceptions qui peuvent tenir à des remaniements subséquents, ou à un amincissement dans ces directions; mais au nord de la France et en Belgique, là où elle acquiert son plus grand développement, sa superposition nette et tranchée au dépôt de sable et de gravier à ossements oblige de l'en distinguer. L'alluvion ancienne fait donc naître l'idée d'un phénomène plus général et plus indépendant des circonstances locales, mais comparativement très calme, quoique les eaux aient dû être plus profondes, puisqu'elles ont couvert des plateaux que les torrents diluviens ne paraissent pas avoir atteints.

En tenant compte, d'une part, de l'amincissement du limon argilo-sableux vers le sud et vers l'est, et de l'autre de sa puissance, de sa continuité et de sa séparation du diluvium de cailloux roulés,

d'autant plus prononcées qu'on s'avance vers le nord, on est conduit à supposer que c'est dans cette direction qu'il faut chercher la cause du phénomène; et, si l'on remarque que dans le Hainaut, le Brabant et le Limbourg ses caractères sont encore plus constants qu'ailleurs, on arrive à rattacher ce dépôt au *lehm* de la grande vallée du Rhin, dont il ne serait qu'une extension. La masse des eaux chargées de limon aurait circonscrit le massif ancien de l'Eifel et de l'Ardenne en pénétrant dans ses anfractuosités et en recouvrant les parties les moins élevées au nord et à l'ouest, et se serait répandue ensuite sur tout le nord de la France, animée d'une vitesse d'autant moindre qu'elle s'éloignait davantage du courant principal. Nous dirons, en outre, que l'élévation qu'il faut supposer à ces eaux dans le nord de la France est parfaitement justifiée par le niveau auquel elles se sont élevées sur les pentes de la vallée du Rhin.

On voit, de plus, que l'alluvion ancienne s'amincit aussi à l'ouest, vers les côtes de la Manche, et que de l'autre côté du détroit elle manque tout à fait, car il n'y a point eu en Angleterre de phénomène général après le dépôt de cailloux roulés avec ossements de grands mammifères. Cette circonstance peut être due, soit au relèvement des couches des deux côtés de la Manche, soit à ce que la séparation de l'île du continent a eu lieu, comme nous l'avons dit (*antè*, p. 127), immédiatement après l'accumulation des cailloux roulés. En effet, l'enfouissement des débris d'éléphant dans les brisures de la crête rocheuse sous-marine située au milieu du Pas-de-Calais et qui se prolonge dans la mer du Nord doit faire penser que la rupture n'est pas antérieure à la destruction de ces pachydermes, et qu'elle est un des effets de la grande cause qui a déterminé cette même destruction.

§ 2. Chaîne des Vosges et vallées qui en descendent.

La formation erratique de la vallée de la Meuse et des collines qui la bordent est en grande partie composée de fragments de grès des Vosges et de quelques autres roches de cette chaîne. Ainsi, dit M. Gaulard (1), les courants qui les ont charriés se dirigeaient du S.-E. vers le N. Il y a, en outre, des dépôts moins anciens où l'on

(1) *Mém. pour servir à une description géologique du dép. de la Meuse*, in-8. Verdun, 1836.

ne trouve que des détritus de roches du pays; ce sont des sables calcarifères qui enveloppent ces fragments, et qui représenteraient peut-être l'alluvion ancienne ou le lehm.

Les cailloux roulés provenant des Vosges s'élèvent à 100 et 120 mètres au-dessus du lit actuel de la Meuse. Ils forment de petites collines entre Monzon et Frénois, de même qu'au nord de Sedan. Dans la vallée de la Chiers, rivière qui ne remonte pas jusqu'à la région des Vosges, il n'y a que des cailloux du lias ou des couches jurassiques, puis des argiles exploitées et des minerais de fer (1).

Les vallées de la Moselle et de la Seille sont occupées en partie par des débris de roches des Vosges, soit sédimentaires, soit cristallines (2). Entre Nancy et Heillecourt, le lias est recouvert par des sables rouges ou jaunâtres à gros grains, avec des veines ou des amas de cailloux de toutes les roches anciennes de la chaîne, voisines des sources de la Meurthe (3). M. Holandre (4) a signalé des ossements d'éléphant à Port-sur-Seille (Moselle), et M. Soleirol (5) en a trouvé dans le même dépôt sableux, à Montigny, près de Metz, ainsi qu'une dent de rhinocéros, à Pommerieux.

Dans sa *Description géologique de la partie méridionale de la chaîne des Vosges* (6), M. Rozet a traité (p. 94) des détritus descendus des montagnes dans les vallées et les plaines qui les bordent; mais comme il s'est plus particulièrement occupé du terrain diluvien de la vallée du Rhin, nous reviendrons sur les détails qu'il en a donnés, dans la section suivante où nous nous occuperons de ce grand dépôt. M. H. Hogard (7), au contraire, paraît s'être attaché, dans cette partie de son travail, au versant occidental de la chaîne. Alors qu'aucune idée de la théorie des glaciers ne le préoccupait

---

(1) Sauvage et Buvignier, *Stat. minér. et géol. du dép. des Ardennes*, in-8. Mézières, 1842.

(2) V. Simon, *Mém. sur le lias du dép. de la Moselle*, Metz, 1837.

(3) Guibal, *Mém. sur le terrain jurassique du dép. de la Meurthe*. (*Mém. de l'Acad. des sc. de Nancy*, 1841, p. 9.)

(4) *Mém. de l'Acad. des Sc. de Metz*, vol. XIV.— *L'Institut*, 18 mai 1836.

(5) *Mém. de l'Acad. des sc. de Metz*, 1835-1836. — *L'Institut*, 14 juin 1837.

(6) In-8 avec carte. Paris, 1834.

(7) *Descript. minér. et géol. du système des Vosges*, p. 134, in-8 avec atlas. Epinal, 1837.

encore dans ses recherches, il reconnut que les dépôts meubles des vallées, composés de sable enveloppant des cailloux roulés plus ou moins nombreux, de sable argileux et d'argiles sablonneuses, étaient disposés par étages, suivant la pente des vallées, où il suppose qu'ils ont été arrêtés par des barrages placés en travers de la dépression principale. Ces barrages retenaient des lacs disposés les uns au-dessus des autres, et, lorsqu'ils furent rompus, les eaux, s'écoulant avec une grande vitesse, creusèrent leur lit plus ou moins profond dans ces accumulations de matériaux meubles. Comme l'avait aussi remarqué M. Rozet, la grosseur des galets diminue à mesure que l'on descend dans les vallées, et dans chaque localité les cailloux et les blocs les plus volumineux occupent la base des amas de détritus, et les plus petits la portion qui paraît s'être déposée après l'ouverture des canaux de communication ou d'écoulement.

En passant de la région cristalline dans la région calcaire, on voit le dépôt de transport se diviser en deux parties distinctes: l'inférieure, composée de sable et de nombreux galets; la supérieure, de sable, d'argile et de marne, représentant l'alluvion ancienne ou le *lehm* de la vallée du Rhin. Des conglomérats calcaires et variant suivant les lieux recouvrent les couches jurassiques et passent insensiblement au lehm par l'atténuation de leurs éléments.

Outre ces dépôts de comblement qui bordent les vallées, on en trouve sur des points beaucoup plus élevés, et à la surface desquels des blocs de très grandes dimensions semblent posés comme avec la main. Les blocs de granite sont tous plus arrondis que ceux d'eurite. Il y en a de granite syénitique, et le plus grand nombre sont de granite porphyroïde. Ils reposent avec les sables et les galets sur le grès des Vosges qui couronne les hauteurs de Lepange, de la Beuille, de la Tête-des-Rats, du Bosson, du Gris-Mouton, etc., puis sur le grès bigarré du plateau de Bellefontaine, au-dessus de Remiremont, etc. Ces blocs sont séparés des roches en place d'où ils proviennent par des vallées profondes qui existaient lors de leur dispersion, et qui n'ont pas été modifiées depuis. Le courant qui a déplacé ces masses paraît avoir été dirigé du S.-E. au N.-O., parallèlement à la direction générale des vallées sur le versant occidental des Vosges. M. Hogard pense, avec M. Rozet (1), que des courants acides ont décoloré les cailloux et les sables dilu-

(1) *Journal de géologie*, mai 1830.

viens qui proviennent du grès des Vosges, et dans lesquels on n'a encore trouvé que des dents d'*Elephas primigenius* près de Neuchâteau et de Senones.

M. de Billy (1) a divisé le terrain diluvien des Vosges en quatre dépôts, d'après la nature des matériaux qui les composent. Ce mode de classement, utile pour l'agriculture et les considérations économiques, ne détermine cependant ni l'âge de ces dépôts ni leurs relations ni leurs distinctions sous le rapport du mode de formation. Le mémoire est consacré seulement à l'examen du troisième de ces dépôts, au *diluvium argilo-sableux* très fréquemment accompagné de cailloux quartzeux, arrondis et provenant du grès des Vosges. Il se trouve le long de plusieurs cours d'eau qui sillonnent la partie nord du département des Vosges et à divers niveaux; son épaisseur atteint 20 à 50 mètres et même 124 mètres auprès de Charmes. Ce dépôt est le résultat de la décomposition du grès des Vosges, et son âge, par rapport à ceux du même genre, reste encore indéterminé.

Traces attribuées à d'anciens glaciers.

Dès 1838, M. Le Blanc (2) avait signalé, dans les vallées de Giromagny, de Saint-Amarin et de Saint-Maurice, des accumulations de détritus qu'il regardait comme de véritables moraines accompagnées de blocs erratiques, et qui lui paraissaient pouvoir être attribuées à d'anciens glaciers descendus du ballon de Giromagny et du Drumond. Peu après, M. Renoir (3) reconnut que l'amas de sable et de cailloux roulés sur lequel est bâti Wesserling, dans la vallée de Saint-Amarin, était, suivant toute probabilité, une moraine terminale, quoique l'on pût à quelques égards le regarder comme une digue formée par les eaux. A l'entrée du vallon d'Urbey (Urbès) il existe un amas du même genre, ainsi qu'au-dessus d'Oderen, et au-dessous de Gruth (Krüth), à l'entrée du village, une moraine terminale est encore très bien conservée.

M. Renoir a observé en outre des surfaces polies le long de la rive droite de la Thur et d'autres avec des stries sur le versant méridional du ballon de Giromagny. Vers le pied de cette montagne, d'anciennes moraines sont parfaitement reconnaissables; telles sont

---

(1) *Soc. d'hist. natur. de Strasbourg*, 6 juillet 1847. — *L'Institut*, 22 sept. 1847.
(2) *Bull.*, vol. IX, p. 410. 1838.
(3) *Note sur les glaciers qui ont recouvert anciennement la partie sud des Vosges.* (*Bull.*, vol. XI, p. 53. 1840.)

les trois moraines terminales que l'on rencontre en avant du village du Puy. La partie nord du bourg de Giromagny est bâtie sur un amas détritique de même origine. Enfin, dans la vallée de la Moselle, des résultats semblables indiquent qu'une cause assez générale s'est manifestée dans plusieurs directions.

D'après l'auteur, toute difficulté d'expliquer la formation de ces amas de débris incohérents, des sillons, des surfaces polies et striées disparaît en supposant, sur les ballons de Giromagny et de Servance et sur les hauteurs environnantes, des glaciers qui, dans leurs mouvements incessants, auraient transporté des quartiers de roche et les fragments détachés des sommités, et dont la fonte aurait ensuite alimenté pendant longtemps des torrents et de puissantes rivières entraînant au loin, des deux côtés de la chaîne, tout ce que l'on nomme aujourd'hui *formation erratique*. Dans les Vosges comme dans les Alpes, les blocs erratiques et les cailloux roulés s'étendent en éventail tout autour du massif central, ce qui ne semble pas pouvoir être l'effet d'un courant.

Ces premières observations renferment implicitement presque toutes celles qui, depuis, ont eu pour but de démontrer l'existence d'anciens glaciers dans les hautes vallées des Vosges; et malgré les nombreuses publications auxquelles ces recherches ont donné lieu, les détails minutieux dans lesquels on est entré, tout en confirmant les inductions de MM. Le Blanc et Renoir, ont peu contribué à faire avancer la question générale; aussi nous bornerons-nous à énumérer rapidement ces travaux d'un intérêt local.

M. H. Hogard (1) a fait remarquer, comme ses prédécesseurs, que les dépôts de sable, de gravier, de cailloux roulés et de blocs, affectent une disposition rayonnante ou en éventail, depuis les crêtes les plus élevées jusqu'au fond des vallées, où ils forment tantôt des nappes, tantôt des digues relevées et arrondies, ou bien encore de longues traînées. Or, cette distribution ne pouvant être attribuée à des courants partis d'un même sommet, il y a lieu de recourir à l'action des glaciers qui occupaient les parties supérieures des pentes des ballons. L'auteur signale ensuite tous les endroits où il a reconnu des surfaces striées ou polies, et il décrit leurs caractères ainsi que les moraines terminales, au-dessus de Rochesson, de

(1) *Observations sur les traces de glaciers dans la chaîne des Vosges.* (*Ann. de la Soc. d'émulation du dép. des Vosges*, vol. IV, p. 91. 1840.) — Tirage à part, in-8. Epinal, 1840.

Gérardmer, de Retournemer, etc. Il pense que la plupart des moraines terminales ont été détruites partiellement par les torrents, tandis que les moraines latérales, presque partout hors de l'atteinte des eaux torrentielles, sont mieux conservées et se suivent encore parallèlement à la direction des vallées, à des niveaux assez élevés au-dessus de leur fond. Après s'être attaché à faire voir que ces divers effets sont incompatibles avec l'hypothèse des courants, et que celle des glaciers peut seule en rendre compte, M. Hogard admet cependant que, dans le fond des dépressions, de grandes nappes, généralement horizontales et régulièrement stratifiées, constituent de véritables dépôts d'alluvion. Les blocs erratiques, isolés aujourd'hui, seraient les témoins d'anciennes moraines latérales, dont le gravier et le sable auraient été entraînés lors de la fonte des glaces.

Plus tard, le même géologue (1), pour prouver encore l'impossibilité d'expliquer les amas détritiques des Vosges par des courants, a signalé, en aval des lacs de Longemer, de Retournemer, de Fondromé et d'un grand nombre d'anciens lacs aujourd'hui desséchés ou changés en tourbière, des accumulations de sable, de cailloux et de blocs, dont la pente du côté du lac ou en amont est toujours beaucoup plus rapide qu'en aval. De plus, ces amas ne se prolongent point dans le bassin du lac, toujours dépourvu de détritus, ni vers aucun autre dépôt voisin. Or l'absence complète de stratification et l'existence de débris de roches qui se retrouvent toutes en place sur le pourtour du bassin, portent à croire que ces accumulations représentent les moraines terminales d'anciens glaciers situés plus haut, et qui recouvraient les espaces occupés par les dépressions et les lacs auxquels ces mêmes matériaux forment actuellement un barrage naturel. Si ces débris, en effet, étaient dus à des cours d'eau, on ne comprendrait pas pourquoi ils n'auraient pas d'abord comblé les lacs et comment ils auraient pu être portés au-delà sans s'y arrêter.

M. T. Virlet (2) a remarqué aux environs de Lure (Haute-Saône) des traces d'anciens glaciers qui indiqueraient la limite méridionale

(1) *Observations sur les moraines et sur les dépôts de transport ou de comblement des Vosges*. Epinal, 1842. — *Id.*, *Note sur les traces d'anciens glaciers dans les Vosges*. (*Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 249, pl. 6. 1845.)

(2) *Compt. rend.*, vol. XXIII, p. 1041. 1846. — *Bull*, 2e sér., vol. IV, p. 296. 1846.

jusqu'à présent connue du phénomène dans cette direction. M. E. Royer (1) a également publié deux notes sur les moraines d'Olichamp, près de Remiremont, et sur la manière dont il conçoit qu'a eu lieu la marche rétrograde successive du glacier qui les a formées. Enfin, M. Ed. Collomb, de 1844 à 1847, a fait connaître, dans plusieurs communications adressées à l'Académie des sciences et à la Société géologique, les résultats intéressants d'observations attentives et répétées dans les vallées qui descendent de la partie méridionale du massif dont nous nous occupons, et en particulier dans la vallée de Saint-Amarin (2). L'auteur, qui paraît n'avoir pas toujours eu connaissance de ce qui avait été publié avant lui sur le même sujet, a réuni ces diverses notes dans un ouvrage intitulé : *Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les vallées des Vosges* (3), ouvrage qui ne peut manquer d'être lu avec empressement par toutes les personnes désireuses de savoir les faits particuliers qui se rattachent à ce sujet. Pour nous, nous devrons nous

---

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 288 et 294, pl. 2. 1846. — Voy. aussi : Leras, *Thèse présentée à la Faculté des sciences de Strasbourg*, en 1844, et où la moraine de Wesserling a été décrite et figurée.

(2) *Note sur les moraines, les blocs erratiques et les roches striées de la vallée de Saint-Amarin.* (*Compt. rend.*, vol. XIX, p. 1262. 1844). — *Note sur les traces du phénomène erratique dans les Vosges.* (*Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 506. 1845.) — *Nouvelles observations*, etc., 2e lettre à M. de Charpentier. (*Suppl. à la Bibl. univ. de Genève*, vol. I, p. 259. 1846.) — *Sur quelques vallées à moraines des Vosges.* (*Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 180. 1846.) — *Sur le terrain erratique des Vosges.* (*Ibid.*, p. 187.) — *Sur les karrenfelder des Vosges.* (*Ib.*, p. 412.) — *Des galets rayés dont l'origine n'est pas erratique.* (*Ibid.*, p. 534.) — *Sur les dépôts erratiques des Vosges.* (*Ib.*, vol. IV, p. 216. 1846.) — *Sur les galets striés.* (*Ib.*, p. 301.) — *De quelques particularités relatives à la forme extérieure des anciennes moraines des Vosges.* (*Ib.*, p. 580. 1847.) — *Expérience pour prouver que les cailloux striés par les glaciers perdent leurs stries lorsqu'ils sont roulés dans les torrents.* (*Compt. rend.*, vol. XX, p. 1718. 1845.) — *Observations relatives au phénomène erratique des Vosges.* (*Compt. rend.*, vol. XXII, p. 172. 1846. — *Bibl. univ. de Genève*, vol. LX, p. 156. 1845.) — *Note sur quelques particularités relatives à la forme extérieure des moraines des Vosges.* (*Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, 1er juin 1847. — *L'Institut*, 15 sept. 1847.) — *Nouvelles observations sur l'ancien glacier de Wesserling.* (*Bull.*, 2e sér, vol. IV, p. 1156. 1847.)

(3) In-8 avec 4 planches. Paris, 1847.

borner à mentionner quelques unes des déductions générales qu'a présentées M. Collomb.

La structure caverneuse des moraines anciennes est une preuve non seulement qu'elles sont dues à des glaciers (page 146), mais encore de la longueur du temps qui s'est écoulé pour leur formation et de la non-intervention de l'eau dans l'arrangement des matériaux qui les constituent. La direction des stries qui suivent constamment celle des vallées démontre que le phénomène qui les a produites n'avait pas une direction propre, mais qu'il a rayonné autour des points culminants de la chaîne. En outre, sa force n'était pas suffisante pour qu'il dépassât les vallées et s'étendît dans les plaines qui entourent les Vosges. « Les moraines frontales inférieures don- » nent la mesure de son étendue en longueur. Dans toutes nos » vallées, dit M. Collomb, on peut remarquer qu'en amont de ces » moraines tous les accidents propres au terrain erratique se ren- » contrent à profusion, tandis qu'en aval ces accidents disparais- » sent ; ni les roches ni les galets ne sont plus striés, et les accumu- » lations de débris ont tous les caractères des matériaux remaniés » par les eaux. »

Après avoir insisté sur l'identité des faits observés dans les Vosges avec ceux qui ont été reconnus dans d'autres contrées, relativement à la formation erratique, l'auteur fait voir qu'une série de moraines frontales, échelonnées sur le même terrain, dans la même vallée, et sur le sol qui a porté le même glacier, permet de conclure que la fusion de ce glacier s'est opérée d'une manière lente et intermittente qui exclut toute idée de grande débâcle, et surtout de révolution subite dans les circonstances géologiques ou climatologiques (p. 171). Ainsi le glacier de la vallée de Saint-Amarin, qui, dans sa plus grande extension, avait 14 kilomètres de longueur, a dû mettre d'abord un temps très considérable pour apporter à Wesserling les matériaux de sa moraine terminale, laquelle ne comprend pas moins de 18 millions de mètres cubes de débris entassés. Un adoucissement de la température le fit rétrograder de 5 kilomètres; il s'arrêta par un retour du froid, déposa la moraine supérieure de Krüth, qui exigea aussi beaucoup de temps pour se former, et plus tard une nouvelle élévation plus prononcée de la température fit disparaître complétement les glaces du reste de la vallée.

Contrairement à l'opinion que nous venons de rapporter, et qui

compte beaucoup de partisans, M. Schimper (1) ne croit pas à l'existence d'anciens glaciers dans les Vosges. Les stries des roches n'auraient point, suivant lui, les caractères de celles que produisent les glaciers, et les accumulations détritiques n'auraient qu'une analogie fort éloignée avec les véritables moraines.

§ 3. Bassin du Rhin (2).

En ne considérant ici le bassin du Rhin que depuis la sortie de ce fleuve du lac de Constance jusque dans les Pays-Bas, nous n'avons à traiter que des dépôts sédimentaires, qui ont été incontestablement charriés et abandonnés par les eaux dans toute l'étendue de cette grande dépression, et nous ajouterons, dès à présent, que ces eaux, d'abord torrentielles et douées d'une force de transport très énergique, et plus tard assez calmes, quoique très profondes, ont été nécessairement des eaux douces comme dans le bassin de la Seine.

Dans la région des Vosges, dit M. Rozet (3), le terrain diluvien suit l'inclinaison des pentes des montagnes et des collines, puis s'étend horizontalement pour occuper, en conservant les mêmes caractères, tout le fond de la plaine du Rhin, entre les Vosges et la Forêt-Noire. La grosseur de ses éléments diminue à mesure que l'on descend des sommets vers la plaine ; les blocs, nombreux vers le haut, sont moins communs vers le bas ; les sables et les cailloux plus ou moins volumineux constituent presque seuls le sol de la plaine où les blocs erratiques sont rares. La nature des débris qui composent la *formation erratique*, et nous comprenons particulièrement sous ce nom le dépôt de cailloux roulés, de gravier et de sable avec ou sans blocs, est toujours en rapport avec celle des roches des montagnes voisines, mais, dans la partie occupée par le gneiss, les détritus ne sont pas aussi abondants.

(1) *Compt. rend.*, vol. XXII, p. 45. 1846.

(2) Nous avons dû réunir les considérations générales qui se rattachent à l'ensemble de ce bassin sans nous occuper exclusivement de la partie qui appartient au sol français, mais on trouvera plus loin (chap. VI, § 2) des observations locales qui s'y rapportent encore, dans le duché de Bade et les provinces Rhénanes.

(3) *Descript. géol. de la partie méridionale des Vosges*, p. 94, in-8, avec cartes, Paris, 1834. — *Journal de géologie*, mai 1830.

Dans la plaine du Rhin, vers le thalweg de la vallée, à la hauteur de Strasbourg, M. Rozet estime que la puissance du dépôt de transport n'a pas moins de 100 mètres, et qu'elle diminue de chaque côté en se rapprochant du pied des collines. Le terrain diluvien y présente deux assises distinctes. L'inférieure ou la plus épaisse dont nous venons de parler est composée de sable et de cailloux roulés, provenant presque tous du grès des Vosges, et la supérieure, d'une marne jaunâtre (*lehm* ou *lœss*), très douce au toucher, faisant pâte avec l'eau, se réduisant très facilement en poussière lorsqu'elle est sèche, et dont l'épaisseur est souvent de 15 mètres. Ce lehm, que nous assimilons, quant à son âge et à son origine, à l'alluvion ancienne du nord de la France et de la Belgique, renferme des concrétions cylindroïdes de tuf calcaire blanc et des nodules calcaréo-sableux, peu différents de la masse qui les enveloppe.

« Le lehm constitue de petits groupes de collines au pied des deux » chaînes qui bordent la plaine du Rhin. Quelques uns de ces » groupes se trouvent isolés dans la plaine. Aux environs de Mul- » house, de Strasbourg et de Lauterbourg, il existe un grand » nombre d'escarpements, formant des berges assez étendues dans » lesquelles on voit fort bien les sables avec les cailloux roulés » au-dessous du lehm (p. 97). »

Des dents et des défenses d'éléphant et des ossements de rhinocéros, de bœuf, de cheval, de hyène ont été trouvés vers le fond de la vallée, dans les deux assises diluviennes. Des Lymnées, des Planorbes, des Cyclostomes, des Succinées, des Maillots, des Hélices d'espèces identiques avec celles qui vivent encore dans le pays se rencontrent en outre dans tout le lehm, mais aucune trace de coquilles marines n'y a été signalée. La superposition des deux assises, leurs caractères et la présence des coquilles fluviatiles et terrestres dans la plus élevée ont encore été parfaitement constatés à la carrière de Hangebieten, lors de la réunion de la Société géologique de France à Strasbourg (1).

---

(1) *Bull.*, vol. VI, p. 37. 1834.

Dans son *Mémoire sur la distribution de l'or dans le gravier du Rhin* (*a*), M. Daubrée dit que ce métal ne se trouve pas seulement dans le lit actuel du fleuve et dans les alluvions modernes, mais qu'il

(*a*) *Bull.*, 2ᵉ sér., vol. III, p. 458. 1846. — *Compt. rend.*, vol. XXII, p. 480 et 639. 1846. — *L'Institut*, 2 sept. 1846. — *Ann. des mines*, 1846.

Sur les flancs du massif volcanique du Kaiserthul, le lhem atteint 400 et 450 mètres d'altitude et renferme des fragments de dolérite de toutes les grosseurs. Il s'est déposé sur ces roches ignées après leur consolidation, et les eaux qui tenaient en suspension ces sédiments si ténus étaient, entre la chaîne des Vosges et celle du Schwarzwald, à 450 mètres au moins au-dessus du niveau de la mer. Plus au nord, entre Heidelberg et Heilbronn, on trouve le lehm à 260 mètres au-dessus du même niveau, et aux environs de Bonn à 65 mètres seulement.

En remontant la vallée du Rhin, on voit l'alluvion ancienne ou lhem se terminer entre Waldshutt et Schaffhouse (1). Quelquefois les cailloux roulés s'y mêlent vers sa base. A 3 kilomètres au sud de Bâle, dans les collines appelées Bruder-Holz, elle repose presque horizontalement sur la mollasse, à plus de 357 mètres d'altitude, car elle est élevée de près de 100 mètres au-dessus des eaux du Rhin, qui en cet endroit sont à 247 mètres au-dessus de la mer. M. Lyell a trouvé dans la partie inférieure du dépôt des vertèbres de *Lamna*, des *Succinea oblonga*, *Pupa muscorum*, *Clausilia par-*

---

est aussi disséminé en faible quantité dans les anciens atterrissements, c'est-à-dire dans une zone de gravier qui s'étend de Bâle à Manheim, sur une largeur de 4 à 6 kilom. Ces paillettes proviennent de roches schisteuses cristallines des Alpes et surtout de quartzites. Ces derniers sont employés pour le pavage de Strasbourg, de Bâle, de Neuf-Brisach, etc., mais l'or n'y est disséminé qu'en proportion très faible et moindre que dans le gravier du Rhin. « Jamais, ajoute » l'auteur, je n'ai trouvé la moindre trace d'or dans le sable fin privé » de cailloux que le Rhin dépose encore journellement dans ses » crues. Le limon diluvien, connu sous le nom de *lœss*, qui cependant » paraît d'origine alpine comme la plus grande partie des cailloux » du fleuve, s'est aussi toujours montré stérile. »

M. L. Hopff (*a*) a signalé l'existence du platine dans les sables du Rhin. — Voyez aussi : Nœggerath, sur l'or alluvial de l'Eder (*Arch. fur Miner.* de *Karsten*, vol. VII, p. 149. 1834) — *Uebersicht der Arbeiten der Schlesischen Ges. f. vaterlændische Kultur im Jahre*, 1844, p. 101. — Kachel, les lavages aurifères du Rhin (*Badensch. Landwirth. Wochenblatt*, 1838, p. 181, 185 et 193). — Haenle, sur les lavages aurifères du Rhin (*Repert. d. Pharmaz.* de *Buchner*, vol. XLV, p. 467).

(1) Ch. Lyell, *On the occurence*, etc., sur la présence de vertèbres de poissons, etc. dans le *lœss*, près Bâle (*Proceed. geol. soc. of London*, vol. II, p. 221.)

(*a*) *Arch. fur Miner.* de *Karsten*, cah. 5. 1835 — *Bibl. univ. de Genève*, vol. III, p. 188. 1835.

vula, *Helix cellaria*, *H. plebeium*, *H. arbustorum*, *H. rotundata* et *Bulimus lubricus*, coquilles qui vivent toutes dans le pays.

Le même savant, dans d'autres communications (1) où il s'est encore occupé de ce dépôt, mais vers le cours inférieur du fleuve, a déduit de ses recherches, 1° que le lehm est minéralogiquement semblable aux sédiments actuels du Rhin; 2° que les coquilles fossiles de ce dépôt sont toutes fluviatiles et terrestres et analogues aux espèces vivantes; 3° que le nombre des individus des coquilles terrestres est ordinairement plus grand que celui des coquilles aquatiques, circonstance que présentent encore les coquilles charriées par le Rhin; 4° que le lehm doit avoir été formé graduellement, les coquilles étant intactes, et les lits qu'elles forment alternant parfois avec des lits de gravier ou de matières volcaniques; 5° que quelques éruptions volcaniques ont dû avoir lieu pendant et après son dépôt. Enfin, de grands changements se seraient produits dans les caractères physiques du bassin du Rhin, depuis la formation d'une partie de l'alluvion ancienne, à une époque comparativement récente et où les coquilles fluviatiles et terrestres actuelles existaient déjà.

M. Lyell avait d'abord admis la présence momentanée de plusieurs lacs séparés par des barrières qui auraient été rompues ensuite; mais ne pouvant préciser l'emplacement de ces lacs, ni même supposer un lac continu, au fond duquel le lehm se serait déposé, il invoque l'hypothèse suivante (2). Lorsque le pays que parcourent le Rhin et ses affluents eut pris à peu près sa forme actuelle, il se manifesta une dépression graduelle analogue à celle du Groënland, et à mesure que l'abaissement avait lieu, la chute générale des eaux entre les Alpes et l'Océan diminuant, la vallée principale et les vallées secondaires devinrent plus sujettes aux inondations et furent partiellement remplies de limon fluviatile avec des coquilles lacustres et terrestres. Plus tard, un soulèvement graduel aussi releva toute cette surface, peut-être inégalement, et pendant ce

---

(1) *Observations on the loamy deposit.*, etc., Observations sur le dépôt appelé *læss* dans la vallée du Rhin. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 83. 1834.) — *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XVII. 1834. — Voyez aussi : Shuttleworth, Sur la présence du læss près de Bâle (*Mittheilung d. naturf. Ges. in Bern*, 1844, p. 196.)

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 388. 1836.

mouvement une partie du limon le plus fin fut entraînée par dénudation, et sur une étendue telle que les vallées primitives furent excavées de nouveau. Le pays se trouva ramené de la sorte à son premier état, sauf ces lambeaux isolés de lehm qui, par leur identité, prouvent leur ancienne liaison. Cette explication éviterait, dit M. Lyell, la nécessité d'élever, puis d'abattre une barrière de 400 mètres de haut pour exclure l'Océan actuel du bassin du Rhin pendant le dépôt du lehm, et peut-être les agents volcaniques, qui se manifestèrent si souvent et si énergiquement vers la partie inférieure du cours du fleuve, pourraient-ils donner quelque poids à cette hypothèse.

M. Léonard Horner (1) admet bien aussi l'existence d'un grand lac, mais comme le lehm lui paraît résulter d'une inondation subite et non d'une eau stagnante, à cause de l'absence de stratification et de débris de végétaux, tandis qu'il y a des débris de coquilles fluviatiles et terrestres et de mammifères également terrestres, il suppose que le courant a été produit par l'écoulement d'une grande masse d'eau douce, dont la barrière aurait été rompue, et qui pouvait se trouver dans la partie supérieure de la vallée du Rhin, entre le lac de Constance et Bâle, là précisément où se sont formées les couches d'Œningen, dont l'épaisseur n'a pas moins de 200 mètres. Mais lorsqu'on vient à comparer le volume des eaux qui se sont élevées dans le bassin du Rhin à 357 et 450 mètres au-dessus de la mer, en s'étendant sur une surface de plus de cent lieues de long, avec celui que pouvait contenir le petit lac d'Œningen et même celui de Constance, on voit, par leur énorme disproportion, combien peu cette explication est admissible.

Ce phénomène, continue M. L. Horner, est le dernier qui se soit produit avant l'époque actuelle, et concurremment peut-être avec certaines éruptions du Roderberg, puisque, suivant M. Thomae, les scories de ce volcan alternent avec le lehm. Il s'est étendu dans tout le pays de Darmstadt, de Mayence, d'Oppenheim, d'Alzey, de Floheim, d'Eppelsheim et de Worms. De l'autre côté du Rhin, entre Wiesloch et Bruchsal, le lehm acquiert une épaisseur de 65 mètres. Dans la vallée du Neckar on remarque des alternances du limon avec des lits de gravier; à Canstadt, près de Stuttgard, le lehm recouvre des tufs, des travertins et des marnes lacustres.

---

(1) *On the Geology*, etc., Sur la géologie des environs de Bonn. (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 460 et 469. 1836.)

On le retrouve jusqu'entre Weisenstein et Heidenheim, sur le plateau que suit la ligne de partage des eaux du Rhin et du Danube, mais il manque plus à l'est. Il se montre également sur les bords du Main, à l'est de Wurtzbourg, et sur les collines de muschelkalk des environs, jusqu'à 200 mètres au-dessus de la vallée. Sa coloration paraît être due à la présence du grès bigarré situé au nord-ouest. On peut encore le suivre en redescendant le Main, puis au-dessous de Francfort et à Soden, où il vient buter contre la chaîne élevée de grauwacke du Taunus.

Sur les bords de la Lahn, près de Limbourg, ce même limon, qui renferme beaucoup de coquilles terrestres et fluviatiles, alterne avec le gravier comme à Heidelberg. On y remarque surtout un lit horizontal de $0^m,15$ d'épaisseur formé de cailloux de quartz blanc, reposant sur une couche de lehm de 5 mètres de hauteur et recouvert par le même limon rempli de coquilles, circonstance que l'on retrouve d'ailleurs sur d'autres points. Ainsi la vallée de la Lhan, ouverte d'abord dans les couches siluriennes et dévoniennes très redressées, a été, depuis, partiellement remplie par des alternances de graviers et de limon, dont une portion a dû être enlevée plus tard.

Ces diverses vallées sont en rapport avec celle du Rhin, et la destruction si facile de ce dépôt contribue, lors des grandes pluies, à colorer et à charger de sédiments les eaux actuelles du fleuve. Quelle que soit d'ailleurs son origine (p. 479), l'absence de stratification et son homogénéité sur des épaisseurs de 70 à 100 mètres prouvent que le lehm résulte d'une eau très bourbeuse, qui se mouvait avec une vitesse assez grande pour transporter de Bâle à Bonn ces matières tenues en suspension. Les alternances indiquées ci-dessus prouveraient aussi que la cause s'est renouvelée plusieurs fois dans certaines parties, ou du moins qu'il y a eu des intermittences dans la force et la direction du courant. Si le lehm s'était déposé dans un lac, comme il est près de Bâle, à 357 mètres d'altitude, et autour de Bonn à 65 mètres seulement, il s'ensuivrait que sur ce dernier point la masse d'eau devait avoir au moins 292 mètres de profondeur, ce qui est à peu près celle du lac de Genève; et dans ce cas, il y aurait certainement des indices de stratification, les coquilles se trouveraient particulièrement à certains niveaux et dans certains lits, au lieu d'être disséminées dans toute la masse; les débris de végétaux ne manqueraient pas

non plus tout à fait, et si ce lac avait réellement existé, dit M. Horner, on devrait retrouver des traces de la barrière qui retenait les eaux près de Bonn, ce qui n'a pas lieu. Tous les caractères de la vallée du Rhin confirment cette opinion, que lors du dépôt du lehm il y avait une rivière communiquant librement entre Bâle et la mer, ce qui expliquerait aussi la présence de débris de *Lamna*, près de cette ville, car on sait que dans la rivière du Sénégal et dans celle des Amazones, les squales et les raies remontent jusqu'à plusieurs centaines de milles de la côte.

Depuis la publication de ces travaux, M. Murchison (1) a fait connaître le résultat des recherches de MM. A. Braun et Walchner sur le terrain quaternaire des provinces Rhénanes. Dans le lehm et les sables qui recouvrent le gravier erratique, 96 espèces de coquilles ont été recueillies; sur ce nombre 56 sont terrestres et 40 sont fluviatiles; 7 appartiennent à des espèces encore vivantes, et 9 sont très voisines ou sont peut-être des variétés d'espèces également vivantes. Les formes les plus répandues dans le limon ancien sont, à quelques exceptions près, fort rares dans les pays environnants soumis aujourd'hui à la culture, et réciproquement les espèces qui vivent communément dans ces mêmes pays sont peu répandues dans le lehm. Ces conclusions sont donc très différentes de celle que nous avons vue émise par M. Lyell, comme de celle que l'on peut déduire d'autres observations de M. A. Braun lui-même (2), et nous sommes disposé à adopter ces dernières à

---

(1) *Rep.* 13th *Meet. brit. assoc. at Cork*, 1843. (Londres, 1844) p. 55 des *Notices*.

(2) M. de Charpentier (*a*) annonce que M. A. Braun a trouvé dans le lehm *Helix arbustorum*, *H. hispida*, *H. montana*, *H. cristallina*, *H. pulchella*, *H. fulva*, *H. pygmæa*, *Achatina lubrica*, *Pupa dolium* var. *plagiostoma*, *P. marginata*, *P. edentula* var. *columella*, *P. secale*, *Vertigo pygmæa*, *Clausilia roscida*, *C. parvula*, *C. gracilis*, *Succinea amphibia* et *S. oblonga*. Excepté le *Pupa dolium* var. *plagiostoma*, toutes ces coquilles sont parfaitement identiques avec celles qui vivent sur les lieux ombragés des Alpes et du Jura. L'*Helix arbustorum*, var. *alpicola*, se rencontre dans les Alpes jusqu'à 2273 mètres. Des espèces très communes qui aiment les expositions chaudes et sèches ne se trouvent jamais dans le lehm, telles sont les *Helix ericetorum*, *strigella* et *candidula*, les *Pupa quadridens* et

(*a*) *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*, p. 356, *nota*, 1841.

cause de leur concordance avec la généralité des faits le mieux constatés jusqu'à présent.

Avec ces coquilles on a rencontré des débris de Mammouth, de *Rhinoceros tichorhinus* et d'autres mammifères éteints, dont les ossements ont été très peu roulés ou altérés, et il n'est pas rare d'y trouver, comme à l'entrée de la vallée de Baden-Baden, la plus grande partie des os d'un même animal réunis encore près les uns des autres.

D'après la composition du dépôt de cailloux roulés et du lehm de la vallée du Rhin, comme d'après l'état de conservation des os et des coquilles délicates fluviatiles et terrestres qui leur sont associées, M. Murchison conclut que, dans ce bassin comme dans celui de la Vistule, en Pologne, sur d'immenses espaces à travers la Russie d'Europe et sur le versant asiatique de l'Oural, les dépôts superficiels qui renferment ces débris ont été accumulés par des causes comparativement tranquilles, et que les grands mammifères habitaient les pays émergés, dans le voisinage immédiat des lieux où on les trouve actuellement enfouis.

Ainsi, les caractères et la disposition générale du terrain diluvien dans le bassin du Rhin semblent confirmer ce que nous avons dit plus haut, que l'alluvion ancienne, qui a succédé au dépôt de cailloux roulés, résulte d'une dérivation à l'ouest, en Belgique et dans le nord de la France, d'une partie des eaux bourbeuses qui se rendaient du sud au nord dans la mer. Sans doute le relief actuel du sol oppose quelques difficultés à cette explication, mais si des ravinements ultérieurs, favorisés par l'extrême mobilité de ce dépôt, ont fait disparaître sur certains points des portions qui reliaient entre elles celles qui subsistent encore, et si, comme l'exige l'état de choses que nous voyons, il y a eu des changements de niveau qui ont modifié la distribution des terres et des eaux depuis l'époque du lehm, on conçoit que cette distribution ait pu être telle que nous l'avons déduite de l'ensemble des faits observés.

---

variabilis, le *Bulimus radiatus*, etc. Le bon état de conservation des coquilles prouve qu'elles vivaient sur les bords du Rhin lors du dépôt du lehm. Quelquefois elles accompagnent des ossements d'*Elephas primigenius*, d'*Equus caballus fossilis*, de *Bos priscus*, de *Cervus euryceros*, etc.

§ 4. Bassin de la Loire et plateau central de la France.

Il eût été peut-être plus naturel de traiter, après le bassin du Rhin, de la vallée de la Saône, qui a son origine au pied du versant sud de la chaîne méridionale des Vosges; mais les dépôts qui occupent le fond de la grande dépression de la Bresse ne sont pas unanimement rapportés à l'époque dont nous nous occupons, et il nous semble plus à propos d'en parler en même temps que de ceux du bassin du Rhône, avec lesquels d'ailleurs ils ont vers le sud une relation directe.

Le bassin de la Loire a été peu étudié sous le rapport des dépôts meubles qui se sont formés entre les faluns coquilliers tertiaires et l'époque actuelle, et une circonstance particulière est venue diminuer encore le faible intérêt que l'on accorde généralement à cette classe de faits. Sur les bords de la Loire, entre Blois et Saumur, on remarque, séparant la craie du calcaire lacustre supérieur, un poudingue incohérent, d'épaisseur variable, composé de silex de la craie, non roulés, enveloppés dans une glaise impure, sablonneuse ou marneuse, grisâtre ou blanchâtre. Cette couche, vers l'ouest et le nord-ouest, devient de plus en plus sablonneuse et puissante; elle renferme accidentellement des bancs de grès assez considérables, et elle a été regardée comme le prolongement des grès supérieurs de Fontainebleau. En s'avançant vers le nord, le calcaire lacustre qui la recouvrait cesse, et le conglomérat resté seul à la surface du sol, plus ou moins altéré, raviné et désagrégé par les agents atmosphériques, peut être pris alors pour le dépôt quaternaire que nous avons vu dans le nord de la France recouvrir la craie blanche à silex, mais dont la postériorité aux cailloux roulés diluviens ne permet aucune incertitude. Jusqu'à présent il a été fort difficile de tracer, dans une partie de la région occidentale comprise entre le bassin de la Seine et celui de la Loire, la limite respective de ces deux dépôts meubles si différents par leur âge; aussi nous bornerons-nous à mentionner quelques observations que nous avons faites sur les deux versants de la vallée de la Loire, entre la ligne de partage du Mellerault au nord et le pied du plateau central au sud, pour nous occuper ensuite des vallées supérieures de la Loire et de l'Allier et des autres parties du centre de la France, où des dépôts diluviens ont été signalés.

Le petit plateau situé au sud de Cosne (Nièvre) (1) est occupé par des calcaires lacustres blancs, marneux, que recouvre une couche meuble assez épaisse et ressemblant, quoique composée d'éléments plus volumineux, à celle que nous avons indiquée entre Montargis et Briare. Ce sont des silex gris-blanchâtre ou jaunâtres, enveloppés dans un sable mélangé d'argile et d'oxyde de fer hydraté. Il y a en outre de petits cailloux de quartz et de silex beaucoup plus roulés que les précédents. Les dépôts meubles sablonneux du Berry ne nous ont pas offert de caractères bien prononcés. Les amas de silex qui sont à la surface de la craie appartiennent à l'époque tertiaire et sont antérieurs au calcaire lacustre des environs, comme les couches sableuses avec cailloux roulés de quartz et de silex d'une portion de la Sologne qui paraissent représenter les faluns (2). Vallée de la Loire.

A la sortie de Gien, sur la route de Briare, on remarque dans la craie de profondes excavations naturelles, généralement fermées par le bas et remplies par le dépôt de transport caillouteux du plateau. Plusieurs d'entre elles, larges de 8 à 9 mètres, se prolongent au-dessous du niveau de la route. Comme elles se trouvent parfois très rapprochées les unes des autres et qu'elles ne sont, en réalité, que des sillons plus ou moins profonds, coupés transversalement par l'escarpement lui-même, la craie semble être partagée en tranches verticales que séparent des couches irrégulières de cailloux. Cette disposition prouve clairement l'antériorité du creusement de la vallée, vers l'axe de laquelle sont dirigés les sillons, au phénomène cataclystique qui a rempli ceux-ci de sable, de cailloux et de gravier. Des blocs volumineux et intacts de poudingue très dur se voient souvent au milieu de la masse meuble qui, par ses caractères, paraîtrait provenir de la destruction de quelques parties des poudingues siliceux tertiaires de la vallée du Loing, situés au nord; mais comme il en existe de semblables, minéralogiquement, sur la rive gauche de la Loire, entre Cosne et Sancerre, il est plus probable que ces derniers, d'ailleurs

(1) D'Archiac, *Étude sur la formation crétacée*, 2e partie. (*Mém. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. II, p. 12. 1846.)

(2) Voyez aussi : J.-M. Fabre, *Mém. pour servir à la statistique du départ. du Cher*, p. 118 et 159, in-8. Bourges, 1838. — V. Raulin, *Mém. sur la constitution géologique du Sancerrois*. (*Mém. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. II, p. 229. 1847.)

fortement dénudés et ravinés, sont l'origine de ce dépôt erratique.

Au-dessus de Saint-Aignan, les plateaux crayeux sont surmontés d'une terre jaune ressemblant à l'alluvion ancienne du Nord. Entre Clion et Châtillon-sur-Indre, ce sont des silex à demi roulés, enveloppés dans une terre rougeâtre, brune ou grise, et de Châtillon à Loches un sable siliceux plus ou moins grossier, avec une grande quantité de cailloux roulés de quartz hyalin blanc, jaunâtre ou brunâtre, et quelques fossiles de la craie, cache par place le poudingue tertiaire, puis, après Loches, se montre de nouveau, accompagné de beaucoup de fragments calcaires. Les plateaux de la rive gauche de la Loire, d'Amboise à Tours, sont souvent occupés par une terre grise, sableuse, ou par des sables jaunâtres, avec deux sortes de cailloux, les uns peu roulés et dont les arêtes simplement émoussées prouvent qu'ils résultent de la désagrégation sur place du poudingue tertiaire; les autres, tout à fait arrondis, ont été amenés de loin et mêlés aux précédents lors du dernier cataclysme. Vers la partie inférieure des pentes de la vallée de la Loire on voit rarement de ces petits mouvements de terrain, inégaux, irréguliers, plus ou moins espacés, qui annoncent des accumulations locales de dépôt de transport, ou qui sont les témoins d'une couche d'abord continue et ensuite en partie détruite. Ces pentes présentent, en outre, dans leurs profils des lignes simples, droites, quelquefois perpendiculaires dans les escarpements de la craie. Le fond de la vallée, vu en grand, est horizontal et vient aboutir au pied de ces pentes, dont il se sépare nettement sans aucun de ces raccordements que déterminent les dépôts diluviens dans d'autres vallées; aussi, au premier abord, celle-ci semble-t-elle dépourvue de tout sédiment quaternaire. Cependant les forages artésiens exécutés à Tours et aux environs ont traversé quelquefois, avant d'atteindre la craie, jusqu'à 10 mètres de remblai, d'alluvion moderne et de cailloux roulés, dont une partie a une origine assez ancienne, comme on peut s'en assurer dans les travaux du chemin de fer.

Le plateau de Montbazon à Tours (p. 53) n'offre qu'un dépôt superficiel, mal caractérisé, très faible, sablonneux, grisâtre ou jaunâtre, et qui paraît se continuer vers l'ouest jusqu'aux collines qui dominent le confluent de l'Indre et de la Loire. Les coteaux de Candes à Saumur montrent aussi, au-dessus du calcaire siliceux meuliériforme, des fragments de roches arénacées ferrugineuses, épars à la surface du sol et mêlés à ceux du calcaire siliceux. Sur

le versant nord de la vallée de la Loire, les environs de Château-Regnault sont particulièrement occupés par des poudingues incohérents, des marnes sableuses, des sables ferrugineux, des cailloux roulés de diverses sortes, des glaises, des meulières et des grès lustrés dont la position relative est assez difficile à saisir, et qui peut-être appartiennent à des époques distinctes. A la descente de Beaugé, au nord de Saumur, les sables et grès tertiaires sont recouverts d'un sable diluvien enveloppant des fragments calcaires. M. F. Dujardin (1) a décrit aussi le diluvium des plateaux du département d'Indre-et-Loire comme étant peu épais et ayant des caractères en rapport avec ceux des couches sous-jacentes. Il ne renferme d'ailleurs jamais de roches anciennes ni de blocs erratiques.

La vallée du Loir (2), quoique peu étendue, offre cependant sur ses pentes et vers son fond un dépôt erratique très puissant, très bien caractérisé et dont les accumulations locales raccordent çà et là les talus latéraux avec les alluvions modernes horizontales. Au-dessous de Cloye, comme au nord de Vendôme, des amas de gravier et de cailloux à demi roulés, alternant avec des veines irrégulières de sable ferrugineux plus ou moins mélangé d'argile limoneuse brune, rappellent parfaitement les dépôts analogues des vallées de l'Oise et de la Seine. Plus loin, au village des Roches, une partie de l'escarpement abrupt qui borde la rivière est formée par un conglomérat meuble de silex, de grès, de sable ferrugineux ou glauconieux et argileux, remplissant des cavités de la craie qui ont 15 à 18 mètres de profondeur sur 5 ou 6 de largeur. On distingue très bien le fond de ces cavités, et aucune ne paraît descendre plus bas que le pied de l'escarpement. Sur ce point, comme en face, de l'autre côté de la vallée, ce ne sont pas des trous cylindroïdes, irréguliers ou en cône renversé, mais des sillons dirigés en général des plateaux, perpendiculairement à l'axe de la vallée et coupés ensuite transversalement par les escarpements qui bordent cette dernière. Vallée du Loir.

Entre Montoire et Troo, le fond de la vallée est occupé par un dépôt de cailloux très puissant, semblable à celui de Vendôme, et jusqu'à La Flèche les plateaux environnants sont recouverts par un poudingue incohérent, argilo-sableux, rougeâtre, plus ou moins

(1) *Mém. sur les couches du sol en Touraine.* (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. II, p. 307. 1837.)
(2) D'Archiac, *loc. cit.*

épais, dont une partie, sans doute, appartient au groupe des sables et grès supérieurs auxquels on les voit passer, mais qui, vers le pied des collines, ont été remaniés par des eaux torrentielles et accumulées çà et là au fond de la vallée. Un amas très considérable de ce genre se voit près de La Flèche, sur la route de Sablé. Il est composé de sable ferrugineux, rougeâtre, enveloppant une grande quantité de cailloux roulés de silex, de diverses couleurs, avec des lits subordonnés de sable pur (p. 74) (1).

Plus au nord, le promontoire qui porte la ville du Mans est surmonté par un dépôt de transport assez épais, sablonneux, et renfermant des nodules de quartz; mais ici, comme sur tous les plateaux des environs de Saint-Calais, de Vibraye, de Nogent-le-Rotrou, au sud de l'axe du Mellerault, et sur ceux de son versant nord, dans les départements de l'Orne, de l'Eure et du Calvados, la distinction des poudingues tertiaires d'avec ceux de l'époque quaternaire reste encore à déterminer, quoiqu'en général on puisse regarder les lits de cailloux roulés de quartz comme appartenant au terrain tertiaire. On peut remarquer aussi que, de part et d'autre de cette ligne, la dénudation de la craie, à quelque époque qu'on la rapporte, a été bien plus énergique que sur les bords de la Loire, et les accumulations de silex, soit sur les plateaux, soit dans les petites vallées que parcourent les rivières pour se rendre au nord dans la Seine ou au sud dans la Loire, sont bien plus considérables que partout ailleurs. Ici encore les résultats du phénomène ne sont en rapport ni avec l'élévation du massif d'où il a rayonné, ni avec l'étendue des bassins secondaires ou des cours d'eau. La présence ou l'absence du calcaire lacustre supérieur a pu d'ailleurs contribuer à modifier le résultat, ainsi que la plus ou moins grande quantité de silex dans les poudingues sous-jacents et dans la craie elle-même.

Les terrains de transition et primaire de la Bretagne sont recouverts par un dépôt de détritus non stratifié, plus ou moins épais, tantôt sablonneux, grisâtre, blanchâtre ou ferrugineux, avec des cailloux de quartz et des autres roches du pays, tantôt prenant l'apparence d'un véritable lehm. Ce dépôt, plus récent que les faluns de Saint-Juvat sur lesquels on le voit reposer, a été rapporté quelquefois au terrain tertiaire supérieur, mais nous ne connaissons

(1) Voyez aussi un article de M. Lechâtelier dans la *Statistique du dép. de Maine-et-Loire*, p. 181. Angers, 1841.

aucun caractère zoologique qui permette d'être fixé à cet égard, puisqu'on n'y a pas encore cité de fossiles qui lui soient propres, et d'un autre côté sa superposition au terrain tertiaire moyen n'est pas une preuve suffisante.

Les caractères de la formation erratique sur les versants nord et nord-ouest du plateau central, dans les vallées qui s'ouvrent dans celle de la Loire, n'ont pas été jusqu'à présent suffisamment étudiés; mais en général les phénomènes de cette époque n'y ont pas laissé de traces bien prononcées, et l'on peut leur appliquer ce que nous venons de dire pour la Bretagne, quoique le dépôt argilo-sableux soit plus particulièrement développé dans les parties qu'occupe la formation jurassique (départements de la Vienne et des Deux-Sèvres).

Vallées supérieures de la Loire et de l'Allier.

En remontant la vallée de la Loire, dans le département de l'Allier, on trouve, réunis par M. Boulanger (1) sous le nom de *terrain moderne*, le *diluvium* et les *alluvions actuelles*, qu'il a distingués ensuite des produits de l'*époque immédiatement antérieure*, *appelée diluvienne*. Malgré cette confusion de mots on peut reconnaître, d'après ce géologue, que la formation erratique occupe le fond des vallées de la Loire, de l'Allier, du Cher, de la Sioule et de la Bèbre, et qu'elle se montre sur les coteaux et les flancs de ces vallées jusqu'à des niveaux que n'atteignent jamais les cours d'eau actuels. Elle est formée d'argile, de sable et de galets provenant des roches à travers lesquelles coulent les rivières. Dans chaque dépression du sol, ces dépôts ont une composition un peu différente et en rapport avec la nature des terrains qui dominent dans les environs.

Le travertin de Vichy, qui se dépose encore, suivant M. Viquesnel (2), est exploité sur le bord de l'Allier, où son épaisseur est de 18 à 20 mètres. Il est en lits minces, de composition et de texture très variables. On y remarque des pisolites recouvertes de dendrites symétriques très singulières. Le travertin paraît avoir éprouvé des dérangements assez prononcés, attribués à une érosion prolongée des eaux de l'Allier, qui, en détruisant la base du dépôt, a fait tomber les parties supérieures demeurées sans appui. C'est aussi l'opinion de M. Boulanger, qui ne connaissait sans doute

(1) *Statistique minéralogique du dép. de l'Allier*, p. 225. 1844.
(2) *Bull.*, vol. XIV, p. 145. 1843.

pas le travail de M. Viquesnel ni le mémoire plus ancien de MM. Lyell et Murchison sur la même localité, et qui pense que le travertin ne se forme plus. Il y cite des ossements des genres *Felis*, *Equus*, *Bos*, *Canis*. Aux environs de Bourbon-Lancy, des calcaires lacustres, probablement tertiaires, sont recouverts par un dépôt de transport composé de sable et de marne avec des cailloux roulés provenant des roches qui bordent le cours de la Loire (1).

Dans les vallées supérieures de la Loire et de l'Allier, ces mêmes sédiments quaternaires sont très développés et très variés. M. Rozet (2) signale, en Auvergne, des dépôts diluviens qu'il rapporte à trois époques distinctes : le premier, qui se montre sur les rives de la Dore, borde ensuite le pied de la chaîne du Forez, depuis Courpierre jusqu'au-delà de Vichy ; il est composé de sable et de cailloux roulés, principalement quartzeux, avec des fragments de roches granitiques, de trapps et de diorites, mais point de basalte. Il repose sur le terrain tertiaire ou sur le granite, et passe, le long de la route de Lezoux à Maringues, sous un amas de cailloux roulés, presque exclusivement basaltiques, qui occupe une grande partie du fond de la vallée de l'Allier, de Maringues à Vieille-Brioude.

Le second dépôt est formé de cailloux basaltiques mélangés de cailloux roulés de quartz, de granite et de gneiss. Il se voit sur beaucoup de points au fond de la vallée de l'Allier, et particulièrement en avant du débouché des vallées ouvertes dans le terrain primaire (vallées des Couzes, de l'Allagnon, de la Sénouire, etc.). Aux environs de Neschers, d'Issoire, et entre cette ville et Solignat, on voit les sables et les cailloux quartzeux du premier dépôt sortir de dessous l'assise de fragments basaltiques. M. Rozet regarde la couche à ossements de la montagne de Perrier comme appartenant aux premières accumulations détritiques, et les autres couches ossifères, avec les tufs ponceux auxquels elles sont subordonnées, comme faisant partie des secondes, distinction que semble justifier la différence des animaux fossiles qu'on y trouve, mais qui, comme

(1) Rozet, *Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. IV, p. 128. 1840.

(2) *Mém. sur les volcans de l'Auvergne*. (*Mém. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. I, p. 59. 1844. — *Bull.*, vol. XIII, p. 221. 1842.)

nous le dirons, tend aussi à classer dans le terrain tertiaire plusieurs de ces mêmes dépôts. Une troisième assise meuble, également distincte des précédentes et des alluvions modernes, occupe tout l'espace compris entre le pied de la chaîne du Puy-de-Dôme et l'Allier, depuis Clermont jusqu'aux rives de l'Embenne, entre Brioude et Lamotte, etc. Ce sont des marnes argileuses, grises et noirâtres, avec peu ou point de cailloux roulés, mais avec une assez grande quantité de fragments de laves et de scories des volcans à cratère. La partie supérieure, très noire, est presque entièrement composée de cendres et de lapilli volcaniques. On retrouve ces dépôts sur quelques plateaux, dans toutes les grandes vallées, dont ils forment le sol, et au débouché de celles-ci jusqu'à une certaine distance. Ils sont superposés aux basaltes de la Tour de Boulade, près d'Issoire, où ils renferment beaucoup d'ossements de mammifères fossiles. Aux environs de Brioude, des couches de lignite assez étendues sont subordonnées aux marnes.

« Les grands courants d'eau, dit M. Rozet (p. 129), qui, à dif» férentes époques, ont accumulé dans la Limagne cette immense » quantité de débris des montagnes environnantes, ont suivi les » vallées primordiales des chaînes, absolument comme les rivières » actuelles, qui n'en sont que de faibles restes. Des traces de leur » passage laissées sur les flancs de ces vallées jusqu'à une grande » hauteur, alluvions, roches polies, striées (1), la grande quantité » de sable et de cailloux roulés accumulés devant l'embouchure, » montrent que le volume de leurs eaux était considérable. Ces eaux » ne se sont cependant jamais élevées à 200 mètres au-dessus du » fond actuel de la vallée de l'Allier ; il n'y a ni cailloux roulés, ni » sables, ni aucun dépôt d'alluvion, sur les plateaux de Mont» Celet, de la Chaux-du-Broc, de Pardines, de Corent, de Ger» govia, des côtes de Clermont, de Château-Gay, etc., qui de» vraient en être couverts si les courants diluviens avaient passé » par dessus (2). »

M. A. Pomel (3) s'est beaucoup occupé des débris d'animaux

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 306. 1845.

(2) Voyez aussi : *Observations sur la présence du sable aurifère dans le gisement de la galène de Saint-Santin Cantalès* (Cantal), par M. Becquerel. (*Compt. rend.*, juillet 1840.— *Ann. des mines*, vol. XVII, p. 664.)

(3) *Nouvelles observations sur la paléontologie des terrains meubles de la Limagne d'Auvergne.* (*Bull.* vol. XIV, p. 206. 1843.) —

fossiles de la classe des mammifères, que renferment les assises tertiaires et diluviennes de l'Auvergne, et nous y reviendrons à la fin de ce chapitre; mais nous dirons ici que l'auteur, après avoir reconnu l'existence de deux faunes, l'une de la période tertiaire moyenne, conservée dans les couches lacustres de la Limagne, et l'autre de la période tertiaire supérieure, enfouie dans les plus anciens conglomérats ponceux, ajoute: « La troisième faune, la plus ré- » cente, comprend les espèces de tous les gisements connus ac- » tuellement, autres que ceux précédemment cités; ces gîtes sont » nombreux, accidentels, éparpillés sur le sol de l'Auvergne dans » la vallée de la Limagne. Ils sont bien certainement synchroniques » du grand phénomène diluvien ou erratique; car ils renferment » les mêmes espèces que les terrains de ce dernier genre, quoiqu'ils » ne présentent nulle part leurs caractères géologiques et qu'ils » soient le plus souvent le résultat d'éboulements lents et partiels de » certaines parties peu cohérentes du flanc des collines calcaires ou » basaltiques. » Les accumulations de fossiles que l'on trouve en outre sous les basaltes les plus récents, sous les laves, dans leurs fissures, dans les travertins et le limon de quelques grottes, font encore partie de la faune quaternaire, qui aurait commencé avant les derniers épanchements basaltiques, et qui s'est continuée jusqu'après les éruptions des volcans à cratère.

M. Pomel, qui avait fait voir en outre combien était inadmissible la supposition de plusieurs faunes locales contemporaines sur un aussi petit espace que l'Auvergne, a également démontré le peu de fondement de la distinction proposée par M. Bravard entre une *faune éléphantique* et une *faune diluvienne*, lesquelles ne sont en réalité que les parties d'un même tout (1).

Descript. géol. et paléont. des collines de la Tour-de-Boulade et du Puy-du-Teiller (*ib.*, 2e sér., vol. I, p. 579. 1844). — *Quelques nouvelles considérations sur la paléontologie de l'Auvergne* (*ib.*, vol. III, p. 198. 1846). — *Indications des genres et des espèces fossiles de vertébrés découverts dans les terrains tertiaire et diluvien du Bourbonnais* (*ib.*, p. 365. 1846). — Voyez aussi : Bravard, *Considérations sur la distribution des mammifères terrestres fossiles dans le département du Puy-de-Dôme.* (*Ann. scient. et littér. de l'Auvergne*, vol. XVI, p. 402. 1843.) — Ch. Lyell, *On the age*, etc. Sur l'âge du courant de lave le plus récent de l'Auvergne, avec des remarques sur quelques fossiles tertiaires du pays. (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 75.)

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 202. — Voyez aussi : *Note sur un*

Les atterrissements diluviens, depuis les contrées arctiques jusqu'aux plus méridionales de l'Europe (p. 227), ont prouvé l'existence contemporaine d'espèces animales identiques à quelques unes de celles qui vivent encore exclusivement dans les régions les plus froides de notre hémisphère (le renne, le *lagomys*, le spermophile, le glouton, etc.) avec des animaux dont les congénères, mais d'espèces différentes et qui paraissent avoir été appropriées à un climat plus froid, sont de nos jours exclusivement propres aux régions tropicales. Ces faits, joints à ceux qui ont été exposés, impliqueraient donc un abaissement considérable de la température, qui viendrait appuyer l'extension des anciens glaciers en même temps qu'il rendrait compte de la disparition des espèces de la faune tertiaire supérieure, laquelle présente dans son ensemble un caractère méridional. L'auteur en déduit également que l'extension des glaces, démontrée pour certaines contrées, n'a pas été le résultat d'une plus grande altitude de ces pays pendant l'époque diluvienne, et que la fonte des glaciers n'a pas été non plus le résultat de leur abaissement local, mais bien celui d'un phénomène général qui, ramenant dans nos latitudes des températures plus élevées, a relégué soit vers l'extrême nord, soit sur des cimes plus hautes, les glaciers et les espèces qui habitent exclusivement leur voisinage.

Mais ici M. Pomel, comme la plupart de ses devanciers, ne s'est pas bien rendu compte de la succession de phénomènes distincts et non contemporains, savoir : l'époque présumée d'un très grand froid, celle pendant laquelle a vécu la faune quaternaire, enfin, le phénomène qui a détruit celle-ci. Quant à la preuve d'une température plus basse, pendant l'époque quaternaire, ou plus exactement pendant que vivait la faune qui la caractérise, preuve tirée, soit de l'existence d'animaux qui aujourd'hui sont relégués dans des contrées plus septentrionales, soit d'animaux éteints qui paraissent avoir été organisés aussi pour un climat plus froid, et il n'y a guère que le Mammouth et peut-être le rhinocéros, pour lesquels cela ait encore été constaté, cette preuve, disons-nous, est fortement balancée par l'association avec une faune d'un caractère septentrional

bouc fossile (Capra Rozeti) *découvert dans des atterrissements ponceux au sud-ouest d'Issoire, avec des ossements d'éléphant, de rhinocéros et de cerf.* (*Compt. rend.*, vol. XIX, p. 225. 1844.) — Pichot-Duhazel, *Note sur des mammifères fossiles* (*éléphant, bœuf, cheval, cerf, rhinocéros*) *aux environs du Puy.* (*Bull.*, vol. XIV, p. 569. 1843.)

d'espèces très nombreuses appartenant à des genres qui ne vivent plus que dans les régions intertropicales ou dans leur voisinage plus ou moins immédiat, et dont il n'est pas établi que l'organisation fût différente de celle de leurs congénères actuelles. Ainsi rien n'autorise à croire que le lion, le tigre, le léopard, la hyène, l'hippopotame et enfin les quadrumanes de l'époque quaternaire aient pu exister sous un climat plus froid que celui de l'Europe, où leurs congénères ne peuvent plus vivre. La faune des mammifères quaternaires, prise dans son ensemble, ne justifie donc pas suffisamment, comme celle des mollusques marins, l'idée d'une température plus basse que celle d'aujourd'hui, sous les mêmes latitudes, et, si l'on songe à la richesse et à la variété de la flore qui devait servir d'aliment premier à une pareille faune, on y trouvera encore une objection grave à l'hypothèse en question. Il suffit d'ailleurs, pour en être frappé, de transporter par la pensée tous ces grands pachydermes, ces grands carnassiers et tous ces ruminants sous la zone glacée qu'habitent actuellement le renne, le glouton, le *lagomys*, le spermophile, etc., et de se demander comment ils y pourraient vivre?

L'absence, au moins jusqu'à présent, de traces d'anciens glaciers sur le sol de l'Auvergne, où, comme l'a observé M. Rozet, les scories sont toutes à leur place sur les cratères, où les aspérités des laves, des basaltes et des trachytes sont aussi marquées qu'elles ont dû l'être dans l'origine, et où les dépôts erratiques multipliés ne présentent nulle part les caractères de moraines, mais bien ceux d'inondations brusques, violentes, passagères et successives, a fait penser à M. Pomel que peut-être les actions volcaniques, dont l'intensité a été si grande dans ces montagnes, y ont empêché la formation des glaciers, en fondant les neiges accumulées à chaque paroxysme, cause probable des inondations si fréquentes dans ce pays. Mais des massifs montagneux bien plus considérables que celui de l'Auvergne et situés plus au nord n'ont point encore présenté non plus de traces d'anciens glaciers; en outre, l'explication ne pourrait guère s'appliquer au Cantal ni au Mont-Dore, et quant à la chaîne des Dômes, les volcans actuels des régions polaires, comme ceux des régions équatoriales, prouvent que la présence des neiges et des glaces permanentes n'est point incompatible avec celle des feux souterrains.

On doit regretter que M. Lecoq (1), dans une dissertation à propos

(1) *Ann. littér. et scient. de l'Auvergne*, vol. X, p. 23. 1837.

d'un oursin fossile d'origine secondaire, rencontré aux environs de Clermont, n'ait pas pu démontrer que ce fossile appartenait au même dépôt que les cailloux de quartz des environs, ni constater parmi ceux-ci des débris de roches contemporaines ou analogues à celle de la gangue de cet oursin, car il en serait résulté sans doute quelque éclaircissement sur la direction et peut-être sur la cause du courant qui les a transportés. Les cailloux roulés étrangers au pays, et que l'on trouve sur les nappes basaltiques et les trachytes fort élevés au-dessus de la plaine, seraient pour le même géologue une nouvelle preuve que le soulèvement du Mont-Dore a eu lieu entre l'épanchement des basaltes et la sortie des laves modernes, et ce diluvium se rapporterait au dernier soulèvement de la chaîne des Alpes, dont il serait la conséquence. Nous ferons remarquer à ce sujet que rien ne prouve que les basaltes soient antérieurs au soulèvement des Alpes du Valais; ils en seraient tout au plus contemporains, comme l'a établi M. Rozet.

Les dépôts quaternaires de l'Auvergne et du Velay semblent exiger encore un long et minutieux examen, car ils ne se présentent point avec les caractères généraux que nous leur avons quelquefois trouvés sur des espaces considérables. D'une part, l'absence de couches marines ou lacustres, et de l'autre l'identité des matériaux meubles avec ceux des époques précédentes, puis la succession ou l'intermittence des phénomènes volcaniques, tantôt sur un point, tantôt sur un autre, sont les causes de cette difficulté à établir des horizons constants et nettement tranchés parmi toutes ces accumulations de détritus dans les vallées de l'Allier, de la Loire, et de leurs affluents. Aussi M. Pomel (1) a-t-il cru pouvoir dire qu'il n'y avait point de diluvium en Auvergne, mais c'est une assertion qui, pour être admise, demanderait une démonstration plus complète, et qui, si elle était fondée, ferait de ce massif montagneux une véritable anomalie.

Dans le Vivarais, sur le versant sud-est des Cévennes, où les agents ignés de l'époque des volcans à cratères ne sont pas intervenus dans la formation des amas détritiques, déjà ceux-ci offrent leur disposition habituelle. « Les dépôts diluviens, dit M. de Malbos (2), » sont composés des mêmes roches que celles que les rivières » actuelles entraînent dans les vallées, et sont des débris des seules Montagnes des Cévennes.

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 139. 1846.
(2) *Ib.*, p. 631.

» montagnes de la Lozère, du Tanargue et du Mézenc, qui en-» tourent le bassin du Vivarais. Chacun de ces courants a laissé pour » ainsi dire sa traînée de dépôts, non seulement dans les vallées, mais » encore sur les plateaux des montagnes. L'irruption a été brusque, » puisque, sur les trois points de Chassezac, des masses énormes » de 12 à 16 mètres de hauteur ont été enlevées et déposées à » 200 et 300 mètres des plateaux d'où elles furent arrachées. Il » n'y a point d'autres blocs erratiques. Un fait bien remarquable, » c'est que ces dépôts diluviens ne renferment aucun fragment » calcaire, quoique tous ces débris aient traversé des formations » calcaires de plusieurs lieues d'étendue ; serait-ce parce que les » premières masses d'eau balayèrent tous les fragments calcaires, » et que les roches cristallines ne formèrent de dépôts que lors-» que le courant devenait moins fort? »

Peut-être est-ce à l'époque quaternaire que l'on doit rapporter le remplissage de certains lacs qui auraient existé sur les plateaux calcaires des Coirons et auraient été recouverts de cendres, de laves et de basaltes? On y remarque des couches de pouzzolane, de tripoli et de scories très légères. Les empreintes de végétaux du pays (châtaignier, peuplier, saule, persicaire, etc.), y sont fréquentes, et le tout est recouvert par des basaltes. Ces tripolis, associés à des grès, des lignites, des ocres et des conglomérats, ont été décrits avec beaucoup de soin par M. Fournet (1).

France centrale. Pour expliquer d'une manière générale la formation erratique ou diluvienne de la France centrale, M. Fournet (2) a supposé que de ses points élevés ont dû s'écouler deux grandes nappes d'eau suivant deux plans principaux, l'un méditerranéen, l'autre océanique. Entre Mende et Langogne, une chaîne qui s'étend de l'E. à l'O., depuis le grand Tanargue jusqu'aux montagnes d'Aubrac, sépare les eaux de l'Allier, le plus étendu et le plus méridional des affluents de la Loire, d'avec celles du Lot, qui est l'un des plus longs affluents de la Garonne. Cette chaîne se rattache à la Margeride, au Cézallier, au Mont-Dore et au Cantal, formant au-delà, vers le N.-O., la ligne de partage des eaux de la Loire et de la Garonne. C'est du haut de cette crête rocheuse que l'auteur fait déverser simultané-

---

(1) *Compt. rend.*, vol. XIV, p. 788, 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 425. 1842.

(2) *Sur le diluvium de la France. Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 981. 1842. — *Revue du Lyonnais*. Lyon, 1843.

ment les eaux sous forme de grandes cataractes, non seulement le long de toutes les pentes qui y aboutissent au nord et au sud-ouest, vers l'Océan, mais encore sur son faîte même, comme le prouvent les déchirures qu'on y observe. Au sud, les eaux se sont partagées vers la Méditerranée, suivant le cours de l'Hérault et celui de l'Orb.

Après avoir décrit d'une manière succincte les caractères des dépôts produits par ce cataclysme, au sud-ouest, dans les vallées du Tarn et de l'Aveyron, le savant professeur fait voir qu'au sud l'identité des matériaux, depuis Nîmes jusqu'à l'étang de Thau, prouverait la réunion des eaux venant des sommités de la France centrale avec celles qui affluaient par le bassin du Rhône, et c'est sous leur influence combinée qu'aurait été déposée l'alluvion ancienne, ou lehm de ce pays (*terre à pisé*).

Sur le versant nord, les preuves de l'hypothèse se trouveraient dans les accumulations de débris que nous avons mentionnées au fond des vallées de la Loire et de l'Allier, dans les fossiles qu'elles renferment et dans les accidents fréquents d'érosion des roches qui bordent ces vallées. Ainsi les eaux auraient dépassé la plupart des sommités primordiales du centre de la France, et leur élévation de 1300 à 1400 mètres leur aurait permis de venir battre les flancs des massifs volcaniques du Mézenc, du Gerbier-de-Joncs, du Mont-Dore et du Cantal. C'est vers la fin de l'époque tertiaire que ce flux aurait été produit, alors que l'énergie volcanique se développait dans toute son intensité. « Déjà d'anciennes coulées basaltiques » s'étaient étalées sur l'Auvergne, le Velay, le Vivarais et le Lan- » guedoc; elles furent déchiquetées par le torrent, et leurs blocs » usés, polis, mêlés aux détritus des granites et des calcaires, ef- » fraient encore l'imagination. D'autres laves, au contraire, ont » été épanchées immédiatement après ce cataclysme, et leurs cou- » lées ont recouvert les alluvions précédentes en Auvergne, au » Puy, à Gourdon et sur le dos des Coirons. Les laves et les cou- » poles de ces volcans ont en général conservé toute l'intégrité de » leurs formes, etc. »

Quant à la cause de ce phénomène, M. Fournet la trouve dans l'existence supposée de grands lacs échelonnés à la surface du plateau central et dont la débâcle aurait eu lieu en même temps que celle de lacs semblables, supposés aussi dans les Alpes. Ces débâcles auraient été produites elles-mêmes par la secousse qui souleva les cratères du Cantal et du Mont-Dore, lors de l'exhaussement de la chaîne du Valais. La pente moyenne des eaux parties d'une éléva-

tion de 1200 mètres et rayonnant autour de la Margeride, aurait eu dans le bassin de la Garonne 10′ 10″, et dans celui de la Loire 6′ 26″, inclinaisons qui dépassent celle des rivières navigables, mais qui est moindre que celle des vallées alpines. En comparant la grosseur des blocs transportés dans les deux pays, on voit que ceux du centre de la France n'atteignent pas, en général, 1 mètre cube quand ils sont arrondis, tandis que ceux des Alpes sont énormes. Ainsi l'intensité du phénomène erratique est jusqu'à un certain point proportionnelle aux pentes et aux vitesses des courants, et, en comparant les causes et les effets, on peut conclure que les glaciers n'ont jamais dû jouer aucun rôle dans le phénomène erratique du nord de la France.

Malgré tout ce que cette explication a de séduisant, on reconnaît que, comme toutes celles du même genre, elle préjuge précisément la cause cherchée, c'est-à-dire l'existence de l'eau à une hauteur d'au moins 1200 mètres. Il semble donc qu'il eût fallu d'abord tracer l'emplacement de ces lacs, décrire leurs formes, leurs contours, leurs dimensions, les sédiments que de telles masses d'eau ne pouvaient pas manquer de déposer et dont, malgré le temps, il n'est pas possible que toute trace ait disparu; une fois la présence de ces anciens réservoirs bien constatée, on concevrait qu'une secousse du sol, brisant leurs bords, l'écoulement des eaux ait produit tout ou partie des effets observés. Mais rien de semblable n'a été reconnu dans la région montagneuse en question, et les dépôts lacustres de la haute Auvergne et du Cantal qui, ne dépassant guère 1000 mètres d'altitude, ne justifient point davantage une explication générale du phénomène par une cause de ce genre. En outre, le soulèvement des Alpes du Valais, qui serait un phénomène concomitant avec celui du Cantal et du Mont-Dore, a été séparé des véritables dépôts diluviens par toute la période quaternaire, car il en marque le commencement, comme ces accumulations détritiques en indiquent la fin, et il s'est écoulé entre eux un laps de temps dont on oublie souvent de tenir compte.

§ 5. Versant nord des Pyrénées.

Les vallées qui divergent en éventail du plateau de Lannemezan, dit M. Lartet (1), sont creusées de telle sorte que leur pente orien-

---

(1) *Considérations sur le diluvium sous-pyrénéen.* (*Compt. rend.*, vol. VI, p. 377. 1838.)

tale est toujours abrupte. La pente occidentale, très douce, au contraire, est recouverte par le diluvium. Les effets du déluge pyrénéen rapporté à l'époque des ophites varient suivant les vallées où on les observe. Très prononcés sur la ligne du Gers et de la Baise, ils sont faibles dans les vallées de la Gemone et de la Save. Dans celles qui sillonnent le département du Gers, les galets charriés par les rivières sont semblables à ceux des hautes plaines de l'ouest; ils ont été détachés du contrefort septentrional des Pyrénées, et l'on n'y trouve point de cailloux granitiques. Il n'en est pas de même pour les dépressions que parcourent l'Adour, la Garonne, le Gave, etc., qui prennent naissance au pied de la chaîne principale et où les galets granitiques dominent dans le lit des rivières comme sur les hautes plaines, tandis que ceux des coteaux proviennent de roches secondaires. Ce déluge local a détruit, suivant l'auteur, tous les animaux qui habitaient cette partie du continent tertiaire.

Le dépôt de transport de la plaine de Toulouse est composé de cailloux provenant des roches qui forment la partie centrale de la chaîne dont les eaux se réunissent à la Garonne, et M. Frizac (1) a donné une notice intéressante sur le pavé de Toulouse, pour lequel ces cailloux sont employés.

M. E. Dupont (2) a publié diverses observations sur les amas détritiques des premiers contre-forts de la chaîne, dans le département de l'Ariége. Il a essayé d'expliquer ce qui a dû se passer à la rencontre de deux courants, et il a signalé la position qu'occupent les blocs erratiques à divers niveaux dans les vallées de Vicdessos et d'Andorre. M. N. Boubée (3), qui s'est beaucoup occupé des applications de la géologie à l'agriculture, a fait connaître la composition et les propriétés des dépôts meubles de la vallée de l'Ariége. M. François, dans une *Note sur l'origine du fer limoneux et des sables aurifères de l'Ariége et de la Haute-Garonne* (4), a décrit le gisement du fer hydroxydé dans les fentes et les cavités des roches près de la surface du sol, puis les veines ou les amas remplis par le haut, enfin les encroûtements des parois des fissures. Les paillettes d'or se rencontrent dans ce fer limoneux, mais plus

(1) *Hist. et Mém. de l'Acad. de Toulouse*, vol. VI, p. 266.
(2) *Ann. des mines*, 4e sér., vol. V, p. 481. 1844.
(3) *Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 815. 1847.
(4) *Ann. des mines*, vol. XVIII, p. 417. — *Hist. et Mém. de l'Acad. de Toulouse*, vol. VI, p. 249.

particulièrement dans les sables des alluvions anciennes des affluents de l'Ariége, de l'Arize, du Salat et de la Garonne, qui reçoivent les débris des roches cristallines ou ignées contenant des pyrites. Les sables aurifères sont dans les anses où le courant a le moins de force. Les points où le lavage s'est le plus pratiqué sont situés dans les atterrissements diluviens, aux élargissements des vallées, et surtout à leur débouché dans la plaine. Ces sables ont été exploités d'une manière suivie jusqu'au XVIIIe siècle, et ont cessé de l'être de 1812 à 1815.

M. A. Paillette (1) pense que le terrain diluvien de la plaine de Perpignan peut avoir été produit par plusieurs causes, soit en même temps, soit à des époques différentes. Ainsi des barrages auraient formé des lacs dont les débâcles, occasionnées par la fonte des glaciers, auraient transporté de grands blocs.

La présence de débris erratiques a été indiquée par M. de Charpentier (2) sur un grand nombre de points des deux versants des Pyrénées. Ces accumulations, qu'il avait mentionnées sous le nom de *terrain de transport,* dans son ouvrage sur la constitution géognostique de cette chaîne, s'y présentent d'ailleurs avec les mêmes formes que dans les Alpes, accompagnées des mêmes accidents, mais seulement sur une moins vaste échelle. Les détritus erratiques sont aussi de la même époque que ceux des Alpes, et n'ont pas été causés par une fonte subite des glaciers lors du soulèvement de la chaîne; car celui-ci étant antérieur au terrain tertiaire, les débris qu'il a pu produire se trouveraient à la base et non à la surface de ce terrain.

Une étude en grand des phénomènes diluviens qui se sont manifestés sur le versant septentrional des Pyrénées a conduit M. H. de Collegno (3) à admettre que la disposition du terrain de transport de cette chaîne est celle que prendrait, lors de son dépôt, une masse de détritus momentanément en suspension dans l'eau, et il pense que des courants violents et passagers descendant des hautes cimes ont pu transporter les blocs erratiques dans les lieux qu'ils occupent aujourd'hui vers le pied des montagnes. Ces courants au-

---

(1) *Bull.*, vol. XII, p. 231. 1842.

(2) *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*, p. 210, in-8. Lausanne, 1841.

(3) *Sur les terrains diluviens des Pyrénées.* (*Ann. des sc. géol.*, vol. II, p. 191. 1842.) — L'impression du Mémoire a été terminée par l'auteur. — *Bull.*, vol. XIV, p. 402. 1843.

raient résulté de la fonte des neiges occasionnée par les gaz auxquels on attribue les dolomies et les gypses qui accompagnent les ophites. Ces roches se montrèrent, comme on sait, dans des fractures transversales de la chaîne, à la fin de la période tertiaire, lors du soulèvement des Alpes orientales.

Beaucoup de stries et de surfaces polies auraient une origine postérieure au phénomène erratique; d'autres se produisent encore, de même que les *pots de géants*, et il n'est nullement démontré, dit M. de Collegno, que, dans les Pyrénées du moins, les roches polies avec leurs stries et leurs sillons soient dues à des glaciers et uniquement aux glaciers. Les accumulations de cailloux et de blocs des environs de Grip n'ont point le caractère de véritables moraines par rapport à la position du glacier qu'on pourrait supposer les avoir produites, et il en est de même de celles des vallées d'Argellez, de Peyrouse, de Garen, du Lys, etc. D'un autre côté, les dépôts des vallons de Grip, des Claus et de Lesponne ont quelque analogie avec les terrasses (*parallel roads*) de Glen-Roy, mais ils en diffèrent, parce qu'il n'y a qu'une seule terrasse, et l'on pourrait les regarder comme indiquant d'anciens lacs fermés par des barrières de glace. Ainsi, par cela seul le savant géologue italien suppose une plus grande extension des anciens glaciers, car il n'en existe plus de temps immémorial dans cette partie de la chaîne, et cependant il déduit de ses nombreuses observations que rien, dans les Pyrénées, n'autorise à admettre autrefois des glaciers beaucoup plus étendus que ceux qui occupent aujourd'hui certaines de leurs sommités.

Rappelant ensuite la puissance de l'eau chargée de matières terreuses, telle qu'on l'a observée dans la débâcle de Bagnes, et surtout sur les flancs du Cotopaxi, en 1742 et 1744, l'auteur s'attache à faire voir que les accumulations de matériaux meubles de Garen, d'Argellez, d'Arudy, de Labroquère, de Tarascon, etc., sont dues à des masses d'eau bourbeuse, chargées de blocs granitiques descendus des hautes cimes et qui ont rencontré des obstacles. Ceux-ci ont ralenti la marche des courants et quelquefois même leur ont fait changer de direction. Si de pareilles masses d'eau, après avoir traversé une gorge étroite, sont arrivées dans une vallée plus large, ou dans une plaine, elles ont dû perdre tout à coup leur force de transport au débouché de la gorge, là où elles se sont épanchées librement sur un sol peu incliné, et les débris charriés ont dû s'accumuler sur les côtés du courant à l'entrée de la plaine.

Or, c'est ainsi que doivent avoir été déposés les amas de débris que l'on remarque à la sortie des vallons de Grip et des Claus.

M. de Collegno conçoit que l'élévation de température, causée par l'apparition des ophites et la sortie des gaz qui l'ont accompagnée, a pu fondre les glaces et les neiges de la partie centrale des Pyrénées, et produire ainsi le transport des matériaux erratiques des vallées d'Ossau, de Lavedan, de la Nesle, de la Garonne et de l'Ariége; mais il n'en aurait pas été de même au Canigou, qui paraît n'avoir été soulevé qu'après le terrain tertiaire. Les détritus accumulés sur la pente de cette montagne résulteraient de grands éboulements occasionnés par le soulèvement et façonnés ensuite par les eaux atmosphériques, de manière à former des talus d'entraînement, tandis qu'une partie des débris transportés à l'est jusqu'à la mer, dans laquelle avaient vécu les mollusques de Nefiach et de Banyuls, faisaient reculer ses eaux jusqu'à leurs limites actuelles. Peut-être enfin les dépôts meubles de la vallée de l'Adour doivent-ils en partie leur origine à des éboulements analogues à ceux du Canigou ?

L'hypothèse qui attribue le transport des détritus erratiques à la fonte subite des glaciers, appuyée de la haute autorité de M. Élie de Beaumont (1), fut vivement contestée par M. de Charpentier (2). Ce géologue pense que non seulement les glaciers des Pyrénées sont tout à fait insuffisants pour que leur fonte ait pu produire l'effet exigé, mais encore que le relief de la chaîne s'oppose à ce qu'il y ait jamais eu une accumulation de glace et de neige qui pût y satisfaire. En outre, les glaciers n'existent que vers le haut d'un petit nombre de vallées, tandis que les détritus se trouvent dans toutes, et les faits paléontologiques ne confirment point davantage un abaissement de température vers la fin de l'époque tertiaire. Prenant ensuite pour base les calculs de M. Mousson (3), le même savant (4) conclut, de leur application à l'hypothèse proposée, qu'elle est inadmissible, 1° parce qu'elle exige le concours d'un degré de cha-

---

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 406. 1845. — *Bibl. univ. de Genève*, vol. LVI, p. 126.

(2) *Atti della sesta reunione*, etc. Actes de la sixième réunion des savants italiens, p. 539. — *Bibl. univ. de Genève*, vol. XLV, janv. 1845. — *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 405. 1845.

(3) *Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 269. 1846.

(4) *Ib.*, p. 274

leur qui n'a pu être produit au moins depuis la solidification du globe; 2° parce que cette chaleur, convertissant immédiatement l'eau en vapeur, n'aurait pu donner naissance à des courants; 3° parce que les effets des courants ne sont nullement identiques avec les phénomènes erratiques en question.

Traces attribuées à d'anciens glaciers.

M. Fargeaud (1) paraît être le premier qui ait reconnu des traces d'anciens glaciers dans cette chaîne. M. F. Angelot (2) a signalé ensuite des surfaces polies et striées sur son revers méridional, dans la vallée de Vénasque. Ces surfaces, qui semblent enduites d'un vernis, se voient sur un phyllade luisant, brun-noir, très dur, et s'étendent sur une longueur de 10 à 20 mètres. D'après M. N. Boubée (3), qui a fait une étude spéciale des Pyrénées, on y observe les mêmes traces de glaciers que dans les Alpes. Sur les deux versants, dit-il, on remarque des roches polies et striées et de grandes moraines qui se retrouvent jusqu'au-dehors de la chaîne même, et qui démontrent que non seulement ces montagnes en entier, mais encore une partie des plaines environnantes sont restées longtemps couvertes de glaces, comme les Alpes et les régions polaires actuelles.

Les surfaces polies et striées se rencontrent dans les vallées de la Pique, du Lys, du Larboust, d'Arran, de Vénasque, du Louron, de Gavarnie, etc. Il y a aussi des moraines dans toutes ces vallées et dans plusieurs autres, où l'auteur n'a pas vu de surfaces polies. Les moraines les plus remarquables seraient celles de Garen, près Bagnères-de-Luchon, celles de la vallée de Vénasque, sur le versant espagnol, celles de Labroquère, de Tibiran, de Grip, d'Argellez, des vallées de Héas et de Gavarnie, d'Arudy, près de Pau, celles du confluent de la Taule, de Tarascon et d'Orgeix, dans l'Ariége, enfin celle du Vernet, au pied du Canigou.

De son côté, M. Durocher (4) n'a trouvé sur les deux versants des Pyrénées que les trois sortes de faits principaux qui caractérisent pour lui la formation erratique du nord et le diluvium alpin, c'est-à-dire le polissage des roches, accompagné de stries et de sillons, le transport des blocs erratiques et le dépôt de cailloux roulés entassés en amas sur les flancs des vallées dans leurs par-

---

(1) *Bull.*, 1re sér. vol. XI, p. 65. 1839.
(2) *Ib.*, vol. XII, p. 32. 1840.
(3) *Ib.*, vol. XIII, p. 346. 1842.
(4) *Compt. rend.*, vol. XIII, p. 902. 1841.

ties hautes, et sous forme de terrasses horizontales dans les parties basses qui aboutissent à la plaine. Il a signalé (1) des surfaces polies et des stries dans toutes les vallées qui renferment des roches granitiques, schisteuses, ou calcaires un peu dures et difficiles à désagréger (vallées de la Têt, d'Andorre, de la Sègre, de l'Ariége, de Vicdessos, de Luchon, d'Essera, de Gèdre, de Baréges, de Cauterets et d'Ossau). Mais les surfaces polies et cannelées ne s'observent pas sur de grandes étendues, comme dans les Alpes et dans le Nord. Les stries et les sillons suivent d'ailleurs la direction des vallées, et la force qui les a tracés a dû agir sur les deux versants en partant de l'axe de la chaîne.

M. de Boucheporn (2) a mentionné aussi des restes d'anciennes moraines vers le pied de son versant nord; et enfin M. Max Braun (3) a reconnu dans toutes les vallées des roches polies, striées, moutonnées ainsi que des moraines; mais les dernières traces de glaciers se confondent avec le diluvium, et il n'y a pas de blocs erratiques pyrénéens sur les pentes méridionales des Corbières, de la montagne Noire ni dans l'Agénais. Ainsi les glaciers des Pyrénées n'auraient jamais dépassé les limites de la chaîne elle-même.

§ 6. Bassin du Rhône.

Par le même motif qui nous a fait limiter quant à présent le bassin du Rhin à l'extrémité occidentale du lac de Constance, nous ne considérerons ici le bassin du Rhône que depuis la sortie de ce fleuve du lac de Genève.

Vallée de la Saône. La vallée de la Saône prend naissance au pied du versant sud de la partie méridionale de la chaîne des Vosges, et elle s'étend directement au sud pour s'ouvrir dans celle du Rhône, bornée à l'est par le Jura et à l'ouest par la Côte-d'Or et les montagnes du Charolais. M. Rozet (4) regarde le dépôt de transport ancien qui occupe la dépression comprise entre la chaîne du Jura et celle de la Bourgogne comme pouvant se diviser aux environs de Dijon en deux assises bien distinctes, l'une inférieure, composée de galets

(1) *Voyage de la corvette* la Recherche. *Partie physique; Observations sur les phénomènes diluviens; objections aux théories dans lesquelles on attribue leur origine à des glaciers*, p. 140.
(2) *Etudes sur l'histoire de la terre*, p. 121, in-8. 1844.
(3) *Neu. Jahrb.*, 1843, p. 80.
(4) *Bull.*, vol. IX, p. 150. 1838.

calcaires provenant des montagnes voisines, l'autre supérieure, constituant une marne argileuse, plus ou moins sablonneuse avec des amas de sable, subordonnés et assez étendus. Des ossements d'éléphant, de rhinocéros, de mastodonte et de *Canis*, y ont été découverts sur plusieurs points. Des lits irréguliers de pisolithes de fer, agglomérés par un ciment calcaire et ferrugineux, et des bancs de calcaire lacustre avec Lymnées et Planorbes, y sont également subordonnés au sable et aux cailloux roulés. Une mâchoire inférieure d'hyène a été trouvée dans le calcaire lacustre de Binge, et les bancs ferrugineux et oolithiques avec Paludines et *Unio* à l'état de fer hydroxydé de Cuisery, près Tournus, sont intercalés dans les marnes quaternaires de l'assise supérieure. Cette dernière paraît correspondre à l'alluvion ancienne ou au lehm du bassin du Rhin, dans lequel M. Rozet signale aussi des bancs de fer pisolithique semblables à ceux de la vallée de la Saône. Peut-être le minerai de fer exploité dans un calcaire lacustre reposant sur la craie entre Mirebeau et Esselone (Côte-d'Or) serait-il aussi du même âge (1) ?

Dans son mémoire sur les montagnes qui séparent la Loire du Rhône et de la Saône (2), le même savant est revenu sur ce sujet et a cité de nouvelles localités où le calcaire lacustre, quoique lié au dépôt erratique de graviers et de cailloux roulés, lui est cependant inférieur en général; aussi l'a-t-il rapporté au terrain tertiaire. La colline du calvaire de Vesvrotte, aux environs de Dijon, est formée par un calcaire lacustre rempli de Lymnées et de Planorbes et comprenant un banc de fer pisiforme de 1 mètre d'épaisseur. Près de Corberon, une argile gris-bleuâtre, brunâtre, plus ou moins sableuse, est remplie de coquilles d'eau douce, identiques à celles qui vivent dans la Saône (*Paludina achatina*, *P. vivipara*, *Cyclas palustre*, *C. cornea*, *Cyclostoma vitreum*, *Unio pictorum*, *U. littoralis*, *Planorbis carinatus*, *Lymnæa palustris*). Plus à l'est, dans le village de Pouilly-les-Seurre, cette marne argileuse coquillière renferme beaucoup d'ossements de mammifères. Nous retrouvons ainsi, dans cette partie de la France, une association de dépôts avec fossiles, tout à fait comparables à ceux que nous avons vus dans les comtés de l'est de l'Angleterre, sauf la dernière assise, qui ne paraît pas exister de l'autre côté du détroit ; aussi avons-nous cru,

(1) *Bull.*, vol. IX, p. 150. 1838.
(2) *Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. IV, p. 128, 121. 1840.

quant à présent, devoir placer le tout dans le terrain quaternaire.

En reprenant, sous le nom de *terrain diluvien*, l'examen des deux assises qu'il a établies, M. Rozet fait remarquer qu'il n'y a point de blocs erratiques dans le massif montagneux placé entre la Loire et la Saône, ni dans la vallée que parcourt cette dernière rivière, et jusqu'au Jura, quoique tout l'espace qui sépare cette chaîne de celle qui borde à l'ouest la vallée de la Saône soit occupé par le dépôt de transport ancien composé de ses deux assises. Cette formation erratique se trouve sensiblement au même niveau (216 à 220 mètres) sur le versant occidental du Jura, comme sur le versant oriental de la Côte-d'Or ; elle s'abaisse graduellement, quoique sa surface soit un peu ondulée jusqu'au lit de la Saône, où elle n'atteint plus que 180 à 185 mètres de hauteur absolue et forme deux bourrelets qui bordent le lit de chaque côté.

M. W. Manès (1), qui s'est peu occupé de ces dépôts, les range sans distinction dans le terrain tertiaire supérieur. Le forage exécuté à Châlon et poussé jusqu'à 159 mètres ne les a point entièrement traversés et n'a présenté qu'une série de 33 alternances d'argiles jaunes, grises, vertes, brunes ou rouges quelquefois avec graviers, de sable de diverses couleurs et de marnes. M. J. Canat (2) ne s'est point prononcé définitivement sur l'âge de ces sédiments ; mais les espèces de coquilles lacustres qui vivent encore dans le pays (*Lymnœa palustris, L. auricularis, Planorbis marginatus, P. vortex* var. *b*, *Succinea amphibia*, *S. elongata*, *Paludina vivipara*, *P. impura*, *Valvata piscinalis*, *Cyclas palustris*, *C. cornea*) et qu'il a recueillies tant dans les sables que dans les argiles grises et les marnes bleues, ainsi que les ossements de cerf, de rhinocéros, de cochon, de bœuf, de cheval et de renne trouvés dans les sables sont encore des motifs qui confirment le rapprochement que nous venons d'indiquer. La présence de quelques dents de Mastodonte, dont M. Pomel a dû contester l'origine première et qui avaient été mentionnées aussi par MM. Rozet et Manès, pourrait à la vérité faire naître quelques doutes si de nouvelles découvertes venaient à constater qu'elles n'ont pu provenir de couches tertiaires plus anciennes. En outre, un coin en silex taillé, rencontré à 5 mètres de profondeur dans le sable de Saint-Cosme, paraît à M. Canat prouver la contem-

---

(1) *Statistique minér., géol. et minérallurg. du départ. de Saône-et-Loire*, in-8 avec carte. Mâcon, 1847.

(2) *Bull.*, 2e sér. vol. IV, p. 1085. 1847.

poranéité de l'homme avec le Mastodonte; mais cette conclusion nous semble trop opposée à la généralité des faits reconnus pour être admise sur un seul exemple, dont il est d'ailleurs facile de se rendre compte sans cela.

Les puits artésiens de Bourg ont traversé, sur une hauteur de 40 mètres, le terrain diluvien qui a été trouvé composé d'alternances de sable fin, marneux, jaunâtre, de marne de diverses couleurs, plus ou moins argileuses et avec gravier, enfin d'argiles sablonneuses, le tout surmonté d'un dépôt de gravier et de cailloux quartzeux (1). Ces couches variaient de puissance sur les différents points où elles ont été rencontrées (2).

Le dépôt de transport quaternaire, désigné quelquefois sous le nom de *diluvium alpin*, recouvre, aux environs de Lyon, dit M. Leymerie (3), la mollasse, et plus ordinairement le gneiss et le granite. Les blocs s'observent surtout vers le haut et dans la partie orientale des collines. Au-dessus, vient une alluvion ancienne, composée d'une terre jaunâtre, à la fois argileuse, calcaire et sablonneuse, renfermant des coquilles lacustres analogues à celles qui vivent actuellement sur les lieux (p. 111). Vallée du Rhône.

Sur le versant oriental des montagnes du Lyonnais et du groupe du Pilas, on remarque une ligne, au-delà de laquelle on ne rencontre plus de *diluvium alpin*. Elle ne dépasse pas 200 mètres au-dessus du Rhône, et, vers le sud, les blocs cessent de se montrer, à partir de Givors. L'auteur a suivi la distribution de plusieurs roches du dépôt erratique depuis Lyon, où elles sont à l'état de cailloux, jusqu'à leur point de départ dans le Dauphiné et le Bugey, et il assimile au lehm de la vallée du Rhin la terre jaune qui paraît être plus récente que les cailloux roulés. M. Leymerie pense que la plupart des dents et des défenses d'Éléphant citées dans le diluvium alpin proviennent de cette même terre jaune.

D'après M. Fournet (4), le dépôt de cailloux roulés des en-

(1) V. Bernard, *Notice géologique sur le terrain de transport et les puits artésiens de la Bresse*, in-8. Bourg, 1842.

(2) Voyez aussi : Voltz, *Dépôts de minerais de fer à fossiles de l'oolithe, du lias, de la craie, avec des Orthocératites, des ossements de Mastodonte, etc., alternant avec du calcaire d'eau douce, en Bourgogne et en Alsace* (*Neu. Jahrb.*, 1838, p. 669).

(3) *Bull.*, vol. IX, p. 109. 1838.

(4) *Premier mém. sur les sources des environs de Lyon* (*Ann. de la Soc. d'agric., etc., de Lyon.* 1839).

virons de Lyon a rempli non seulement toutes les excavations formées dans les sables marins de la mollasse ou dans des terrains plus anciens, mais encore il a exhaussé le sol, de telle sorte que les points les plus élevés de Fourvières, de Francheville, du Bas-Dauphiné, de la Croix-Rousse et de toute la Bresse en ont été recouverts. Autour de la ville, cette épaisseur est de 75 à 80 mètres, et, de la hauteur de ces points, comme de plusieurs autres considérations, on peut induire que ces détritus se sont déposés dans un grand lac où venaient se niveler les matériaux apportés des Alpes. L'alluvion ancienne (*terre à pisé* ou lehm) serait aussi venue de la même chaîne avec la débâcle du lac et l'action d'une énorme masse d'eau pour imprimer au pays ses derniers caractères. Lorsque le mouvement des eaux commença à se ralentir, il se déposa dans toutes les parties basses et abritées cette sorte de placage de boue argileuse qui recouvre, avec une épaisseur variable, la plupart des irrégularités du sol, et dans laquelle on trouve l'*Helix hispida*, l'*H. arbustorum*, la *Succinea oblonga*, etc.

M. R. Blanchet (1) a constaté que tous les caractères du dépôt désigné par M. Élie de Beaumont sous le nom de *terrain de transport ancien* étaient les mêmes que ceux de l'étage inférieur des alluvions erratiques du bassin du lac de Genève, et que ce dépôt, qui repose transgressivement sur la mollasse, était recouvert sans discordance par l'alluvion supérieure, composée de blocs anguleux, souvent de plusieurs mètres cubes et quelquefois polis et striés, de gravier, de sable, de limon, et qui, du niveau de la Saône (162 mètres), s'élève à 450 mètres d'altitude. (Les alluvions du même âge des bords du Léman atteignent 514 et 585 mètres, et nous avons vu le lehm du Rhin s'élever, sur les pentes du Kaiserthul, à 450 mètres). L'auteur regarde le tout comme appartenant à l'époque des glaciers et en étant le résultat; mais les débris de pachydermes éteints qu'on y a trouvés, s'accordant peu avec son hypothèse, il pense que ces ossements peuvent avoir été remaniés.

M. E. Gueymard (2) a décrit les dépôts diluviens du département de l'Isère en les distinguant de ceux plus anciens rapportés au terrain tertiaire supérieur. M. S. Gras, dans sa *Statistique miné-*

---

(1) *Terrain erratique alluvien du bassin du Léman et de la vallée du Rhône*, in-8. Lausanne, 1844.

(2) *Statistique minéral., géol., etc., du département de l'Isère*, in-8 avec carte. Grenoble, 1844.

ralogique du département de la Drôme (1), a divisé, comme l'avait fait M. Élie de Beaumont, le terrain diluvien en deux assises, l'une à la base et correspondant au terrain tertiaire supérieur dont nous n'avons point à nous occuper ici, l'autre au sommet, reposant transgressivement sur la précédente, et appartenant seule à l'époque quaternaire.

Les cailloux roulés qui composent cette dernière sont de toutes les grosseurs et de toutes les formes, et ils rappellent ceux du lit des torrents actuels. Au milieu du gravier et des cailloux, on rencontre de gros fragments anguleux, semblables à des blocs erratiques, et dont on trouve la roche en place en remontant les cours d'eau jusque dans les vallées alpines. Ils ont suivi la direction des rivières qui, d'après l'auteur, ne seraient que les derniers représentants de ces immenses courants diluviens qui ont sillonné les montagnes et dispersé leurs débris. Ainsi, dit M. Gras, le *terrain de transport ancien* (terrain tertiaire supérieur) a recouvert le fond d'un lac, alors que la pente générale du sol différait de celle d'aujourd'hui, tandis que le second (formation erratique quaternaire) a rempli le fond des grandes vallées dans toute leur longueur et en se conformant à leur inclinaison actuelle. Les courants diluviens ont coulé pendant un temps considérable et à des niveaux qui, dans la même vallée, diffèrent de plusieurs centaines de mètres.

Les deux courants principaux qui ont accumulé ces débris suivaient, l'un la vallée de l'Isère et l'autre celle du Rhône. On y a trouvé des ossements d'éléphant et de rhinocéros à Saint-Vallier, Montélimart, Charpey, Vienne, Grenoble, etc., et ceux que l'on avait attribués au géant Teutobochus, roi des Cimbres, défait par Marius, ont été rencontrés près du château de Langon non loin de Montrigaud (2).

Dans le département des Basses-Alpes, la formation erratique se compose aussi de blocs anguleux et de cailloux roulés charriés par des courants descendus de la chaîne centrale. La vallée de la Durance en présente de nombreux débris, depuis sa source jusqu'au Rhône. Les cailloux sont d'autant moins volumineux et d'autant

(1) *Statistique minéral. et géol. du département de la Drôme*, in-8 avec carte. Grenoble, 1835.

(2) Voyez à ce sujet le mémoire de M. de Blainville (*Nouv. ann. du Muséum d'hist. nat.*, vol. IV, p. 37. 1835). Ces ossements paraissant appartenir à un Mastodonte, il est très douteux qu'ils proviennent de l'assise quaternaire proprement dite.



plus arrondis qu'ils s'éloignent davantage des Hautes-Alpes, d'où ils paraissent provenir. M. Gras (1), qui, comme dans l'ouvrage précédent, mentionne plusieurs localités d'après M. Élie de Beaumont, fait remarquer qu'outre le grand courant qui amenait les débris des Alpes dans la vallée de la Durance, les blocs et les cailloux d'autres courants moins considérables, partant des montagnes secondaires situées à l'est, se rendaient également dans cette vallée.

M. Renoir (2), après avoir signalé des surfaces polies, des sillons à bords arrondis et des stries fines et parallèles sur les roches des environs de Fontanil (Isère), ainsi que les accumulations de blocs erratiques dans les vallées qui entourent la grande Chartreuse, a cru en trouver la cause dans un immense glacier qui serait venu des sommités des Alpes combler la vallée du Graisivaudan. Les amas de cailloux et de sable qui ont la forme de moraine dans presque toutes les vallées de ce pays, surtout entre Moirans et Rive, en seraient encore des preuves, et les glaciers qui subsistent aujourd'hui dans les hautes vallées seraient les restes des glaces générales. Ces conclusions ont été fortement combattues par MM. Leymerie, de Roys et Clément Mullet (3), qui ont fait voir combien la disposition de ces détritus, dans le Dauphiné comme sur les flancs des montagnes du Beaujolais et des environs de Lyon, était opposée à l'idée qu'elle ait pu être occasionnée par des glaciers, tandis qu'elle s'accorde de tous points avec l'idée que l'on peut se faire de l'action de courants énergiques. Ceux-ci se sont étendus fort loin au sud, puisque les dépôts forment encore, vers l'embouchure du Rhône, le sol de la Crau sur sa rive gauche, et sur sa rive droite celui du plateau qui couronne les falaises de Beaucaire à Saint-Gilles (4). M. de Roys (5) a signalé en outre un grand nombre de surfaces polies entre Saint-Remy et Arles; elles semblent enduites d'un vernis, et présentent quelques stries. Celles du calcaire néocomien de Beaucaire sont attribuées au passage des cailloux roulés du *diluvium alpin.* M. Blanchet croit avoir remarqué que toutes les montagnes

---

(1) *Statistique minéralogique du département des Basses-Alpes*, p. 195, in-8 avec carte. Grenoble, 1840.

(2) *Bull.*, vol. XII, p. 68. 1841. — Voyez aussi : Lortet, *Sur les blocs erratiques du Dauphiné* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 581).

(3) *Bull.*, vol. XII, p. 83, 85 et 116. 1841.

(4) *Ib.*, vol. X, p. 41. 1838.

(5) *Ib.*, vol. XI, p. 66. 1839. — *Ib.*, 2e sér., vol. II, p. 306. 1845.

qui bordent le Rhône sont arrondies et moutonnées; d'où il conclut que la vallée que parcourt ce fleuve était occupée par un glacier qui se prolongeait jusqu'à la Crau, les derniers blocs erratiques se voyant, dit-il, sur le versant nord de la petite chaîne de l'Étoile située entre Aix et Marseille.

M. Rozet (1) a décrit aussi, sous le nom de terrain diluvien, et sans les distinguer de la formation tertiaire supérieure, les accumulations de cailloux roulés avec des couches de sable et d'argile dont la puissance dépasse souvent 60 mètres, et qui occupent le fond des vallées du Drac, de la Romanche, de la Gresse, etc.

Si nous comparons maintenant les diverses opinions que nous venons de rapporter sur le terrain diluvien du bassin du Rhône, nous verrons que M. Rozet a placé dans le terrain tertiaire les calcaires lacustres de la vallée de la Saône, mais en insistant particulièrement sur leur liaison intime avec le grand dépôt de cailloux roulés qui les recouvre et qui occupe tout le fond de la plaine de la Bresse. Ces cailloux roulés constituent, pour lui, la partie inférieure du terrain diluvien, et les marnes argileuses ou sablonneuses qui les surmontent, la partie supérieure. Les blocs erratiques manquent presque complétement dans toute l'étendue qui sépare le Jura de la Côte-d'Or et des montagnes du Charolais. Ainsi cette classification ne s'accorde pas avec celle qu'a adoptée M. Élie de Beaumont dès 1829, et dans laquelle, sans faire mention des calcaires lacustres sous-jacents, il rapporte le dépôt de cailloux roulés au terrain tertiaire supérieur et regarde les marnes sableuses avec cailloux de quartz qui sont dessus comme appartenant seules au terrain diluvien et résultant d'un phénomène distinct.

Aux environs de Lyon, M. Leymerie paraît avoir compris sous le nom de *diluvium alpin* le dépôt de cailloux roulés inférieur ou *terrain de transport ancien* de M. Élie de Beaumont et le dépôt supérieur avec blocs anguleux, dont ce dernier savant établit la superposition discordante dans la colline même de la Croix-Rousse (2). M. Fournet ne semble également avoir admis qu'un seul et même dépôt de cailloux d'une origine diluvienne, puis la couche argilo-sableuse supérieure (*terre à pisé*) résultant d'un autre phénomène. M. Blanchet distingue bien les deux assises, mais pour lui elles

---

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. I, p. 665. 1844.
(2) *Recherches sur quelques unes des révolutions de la surface du globe*, p. 175 et 244.

sont concordantes et appartiennent à une même époque, celle des glaciers anciens. Enfin MM. E. Gueymard, S. Gras et Albin Gras (1) ont suivi, au contraire, les divisions établies par leur célèbre prédécesseur. Quant à nous, sans préjuger plusieurs questions qui ne nous paraissent pas encore complétement résolues, nous avons placé les observations que nous devions mentionner dans le cadre indiqué par les auteurs eux-mêmes (2).

§ 7. Brèches osseuses et cavernes à ossements.

France septentrionale. Quelques cavernes à ossements ont été signalées par M. Blavier (3) dans le calcaire de transition du département de la Mayenne, et, aux environs de Paris, des découvertes importantes ont été faites dans des cavités de la masse gypseuse tertiaire. Les bancs de gypse de la colline de Montmorency sont traversés par de nombreuses fissures que les eaux ont agrandies en formant des puisards et des sillons plus ou moins profonds, terminés quelquefois par de véritables cavernes horizontales. Ces vides ont été remplis en partie de sable, de petits galets, de marne et d'argile limoneuse que les eaux torrentielles y ont entraînés.

Sur la pente sud-ouest de la colline, dans une de ces fissures verticales comblées jusqu'en haut, M. J. Desnoyers (4) a recueilli

(1) *Description des oursins fossiles du département de l'Isère*, p. 74, in-8. Grenoble, 1848.

(2) Voyez aussi dans *Patria* (p. 389, 1844) un résumé de l'ensemble du terrain diluvien de la France, par M. V. Raulin.

Nota. Dans un *Mémoire sur les alluvions aurifères en général, et sur celles de la France en particulier* (a), M. Graff cite parmi les rivières aurifères : l'Isère, au-dessus du pont près de la Roche-de-Glun (Drôme); le Rhône, sur ses deux rives près de la Voulte (Ardèche). Les paillettes y sont associées à une grande quantité de rubis, de zircon, d'oxydule de fer, etc. Il cite également la Cèze (Gard), où l'on paraît avoir trouvé du platine. Sur les bords du Rhône il y a encore d'autres localités aurifères, telles que Miribel, Givors, Saint-Pierre-le-Bœuf, Condrieux, etc. A partir de l'embouchure de l'Arve, jusqu'à 5 ou 6 lieues en aval, les habitants du pays étaient occupés autrefois au lavage de l'or. Le Chéran (Savoie) est aurifère au sortir du détroit de Banges, etc., etc. Dans toutes ces localités l'or provient des roches dans lesquelles sont creusés les lits des rivières.

(3) *Essai de staitstique minér. et géol. du département de la Mayenne*, p. 79, in-8. Laval.

(4) *Bull.*, vol. XIII, p. 290. 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I,

(a) *Ann. des sc. phys. nat. d'agric. de Lyon*, vol. VIII. — *L'Institut*, 19 août 1846.

des ossements de 300 ou 400 animaux ayant appartenu à environ 20 espèces différentes. La cavité, examinée sur une hauteur de plus de 12 mètres, avait ses bords irréguliers et ondulés ; puis, vers le bas, se ramifiait par des canaux sinueux dirigés en tous sens. Les ossements y étaient en général déposés par petits amas alternant plusieurs fois avec des lits sablonneux. Ceux des grands animaux (cheval, cerf, renne) se trouvaient dans la partie supérieure, et ceux des plus petits avaient pénétré jusque dans les canaux les plus étroits et les plus profonds; aucun d'eux n'était roulé. Ils étaient parfaitement conservés et renfermaient encore une partie de leur gélatine. Plusieurs squelettes aussi étaient entiers. Ainsi ces débris n'avaient pas été transportés de loin, et ils avaient été introduits par des eaux torrentielles, passagères et intermittentes. Comme dans beaucoup d'autres brèches et cavernes ossifères, on y a trouvé des Hélices et des Maillots analogues aux espèces qui vivent aux environs.

M. J. Desnoyers cite parmi les espèces de mammifères qui ont été déterminées : 2 musaraignes, taupe, hérisson, blaireau, belette, putois, marte, 4 campagnols, hamster, spermophile, lièvre, 2 *Lagomys*, sanglier (rare), cheval, renne, cerf, puis un oiseau et un batracien. Cette liste, quoique fort incomplète, suffit, dit l'auteur, pour établir une analogie évidente avec l'ensemble zoologique des brèches osseuses des bords de la Méditerranée, de même que le mode de gisement en montre l'identité la plus parfaite.

M. C. Prévost (1) pense que ces accumulations d'ossements dans les anfractuosités du sol de divers pays ne sont pas toutes du même âge; elles ont été produites, à la vérité, par des causes analogues, mais purement locales, indépendantes et successives. On doit remarquer cependant que jusqu'à présent la comparaison des espèces que l'on y a rencontrées tend à les faire rapporter toutes à l'époque quaternaire. Le même savant a trouvé dans les anfractuosités du grès supérieur des environs de Corbeil des ossements d'éléphant, de rhinocéros, d'hyène, d'ours, de cheval et de bœuf. Ce gisement est analogue à celui que Guettard a fait connaître auprès d'Étampes, où les os d'éléphant étaient associés avec ceux du renne signalé dans la brèche de Montmorency, ce qui établit un rapport

p. 335. 1842. — *Extr. des procès-verbaux de la Soc. philomatique*, 23 avril 1842. — *L'Institut*, id. — *Compt. rend.*, id.

(1) *Bull.*, vol. XIII, p. 297. 1842.

remarquable entre ces trois localités. « Ainsi, dit M. C. Prévost, » dans la même contrée, et très probablement dans le même mo- » ment, des animaux qui nous représentent les habitants du nord » (renne, *lagomys*, spermophile, hamster) ont pu se trouver avec » d'autres que nous regardons comme essentiellement méridionaux » (éléphant, rhinocéros, hyène), sans avoir aucune raison de » croire qu'ils aient été réunis ainsi par une cause violente et pas- » sagère (1). » Sous ce rapport, la faune des mammifères du bassin de la Seine nous présente une analogie réelle avec celles des îles Britanniques et de l'Auvergne.

France orientale.

La caverne de la Baume, au sud-ouest de Balot (Côte-d'Or) est dans un calcaire magnésien du groupe jurassique inférieur. M. J. Beaudouin (2) la regarde comme ayant la même origine que les crevasses environnantes, qui dateraient du soulèvement de la Côte-d'Or et seraient restées sans communication avec le dehors jusqu'à l'époque diluvienne, pendant laquelle les couches qui les recouvraient ayant été ravinées, les eaux ont pu y entraîner les débris de mammifères particulièrement herbivores que l'on y rencontre. M. E. Royer (3) a donné une note sur la grotte d'Arcy, où l'on a trouvé un os d'éléphant, et M. Virlet (4) a communiqué des observations sur le même sujet.

Plusieurs cavernes ossifères de la Bourgogne ont été décrites par M. Rozet (5), entre autres celle de Vergisson (Saône-et-Loire), ouverte dans un calcaire jurassique, et où des ossements de deux époques différentes ont été reconnus. Les uns, engagés dans un travertin rougeâtre, sont distribués à l'entrée, dans une partie du fond et dans les anfractuosités des parois de la caverne; les autres ont été apportés depuis par des animaux carnivores qui la fréquentent encore aujourd'hui. Diverses grottes existent aussi dans les couches jurassiques, à Plombières-les-Dijon et à la montagne de Genay, au nord de Semur (6). Sur la rive gauche de la Saône, vis-

(1) *Bull.*, vol. XIII, p. 311. 1842.

(2) *Note sur une caverne à ossements des environs de Châtillon-sur-Seine*, in-8. Châtillon, 1843.

(3) *Bull*, 2e sér., vol. II, p. 718. 1845.

(4) *Ib.*, p. 694 et 698.

(5) *Compt. rend.*, vol. VIII, p. 678. 1839. — *Bull.*, vol. X, p. 247. 1839. — *Mém. sur les montagnes qui séparent la Loire du Rhône et de la Saône* (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. IV, p. 132. 1840).

(6) *Sur quelques ossements de mammifères de la montagne du*

à-vis de Tournus, M. Canat a découvert les défenses et une grande partie du squelette d'un éléphant, dans une argile rougeâtre qui remplissait une fente de la grande oolithe.

La Franche-Comté, par la nature de ses calcaires jurassiques et par suite des circonstances qui les ont disloqués, offre un grand nombre de grottes et de cavernes. M. T. Virlet (1) a mentionné celles de Buin près de Baume-les-Dames, d'Osselles, d'Échenoz, de la Baume près de Rougemontot, de Chaux, le puits naturel de la Brême, le Frais-Puits, etc., et il rattache leur origine aux soulèvements et aux dislocations du sol. Leur élargissement par les eaux et leur remplissage pourraient être d'une époque beaucoup plus récente.

En général, parmi les cavernes résultant du brisement des couches, les unes, suivant l'auteur, ont été formées immédiatement par des fractures (grotte de Jupiter à Naxos), puis ont été élargies soit par des émanations gazeuses, soit par le passage d'eaux thermales et minérales (Sillaca, dans l'île de Thermia), ou même par des eaux ordinaires qui y ont déposé des sédiments; les autres résultent d'éboulements qui se sont produits dans des vides préexistants, et, lorsque ces mêmes éboulements se sont propagés jusqu'à la surface, ils ont donné lieu à des cirques d'enfoncement. Enfin il y a des cavernes qui sont dues à de simples érosions par suite de l'action répétée des vagues contre les côtes. Les stalactites et stalagmites des cavités un peu étendues sont, d'après M. Virlet, un indice certain que leur mode de formation se rapporte aux commotions du sol.

Des ossements d'éléphant, de rhinocéros, de bœuf, de cheval, de cerf, d'hyène et de chien, ont été découverts dans une caverne de Fouvent-les-Bas (Haute-Saône) (2), et M. Duvernoy (3) a fait

télégraphe près Semur, et notice sur la grotte de Contard, par M. Nodot (*Mém. de l'Acad. des sc. de Dijon*, 1834). — *Brèches de la montagne de Cra* (*Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 721. 1845).

(1) *Observations faites en Franche-Comté sur les cavernes, et théorie de leur formation* (*Bull.*, vol. VI, p. 154. 1835). — *Id.*, broch. in-8. Avesnes, 1836. — Voyez aussi pour toutes les cavernes de la Haute-Saône : Thirria, *Statistique minér. et géol.* de ce département, chap. XI, p. 218 à 247, in-8. Besançon, 1833.

(2) *Acad. des sciences*, 12 nov. 1838. — *L'Institut*, 15 nov. 1838.

(3) *Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, 20 avril 1836. — *L'Institut*, 18 août *id.* — *Compt. rend.*, vol. III, p. 407.

connaître un os de pachyderme ou de ruminant (*Hippotherium*) provenant d'une brèche dans le calcaire du Jura, à Châtillon (arrondissement de Montbelliard).

France centrale et occidentale.

Les brèches osseuses existent aussi en Auvergne, dit M. Pomel (1), mais dans des dépôts quaternaires, dans des travertins et dans des laves de volcans à cratère. C'est au village de Coudes, sur l'Allier, à deux lieues d'Issoire, que se trouvent les premières. Des fentes de la roche calcaire ont été remplies de fragments d'arragonite, de travertin, de quartz résinite et de carbonate de chaux pulvérulent qui entoure des ossements dont les analogues se rencontrent enveloppés dans le travertin lui-même. Près d'Orbières, au sud de Clermont, des fissures de la lave sortie du cratère de Gravenoire sont aussi remplies de sable volcanique, de calcaire pulvérulent et d'ossements pour la plupart encroûtés de carbonate de chaux. Ce sont les mêmes que ceux de Coudes et des autres dépôts d'atterrissements de cette époque dans lesquels l'auteur cite : éléphant (2 espèces, mais dont le gisement est douteux), *Rhinoceros tichorhinus*, cheval, sanglier, bœuf, antilope, cerf, *Felis*, putois, chien, taupe, musaraigne, lièvre, spermophile, campagnol, hamster, rat, 8 espèces d'oiseaux, un lézard, des batraciens, des serpents, des poissons et des Hélices, Cyclostomes, Bulimes et Maillots, semblables aux espèces vivantes des environs.

« Cette faune fossile, continue-t-il, la plus récente de celles » qui ont successivement vécu sur le sol de l'Auvergne, se trouve » parfaitement caractérisée par le mélange d'espèces perdues et » d'animaux encore vivants, dont quelques uns habitent les ré- » gions glacées du Nord, tandis que d'autres trouvent leurs analo- » gues dans les zones intertropicales. Nous voyons aussi que les » mêmes espèces ont été découvertes dans des contrées assez éloi- » gnées de l'Auvergne, aux environs de Paris, dans les fissures » des couches tertiaires et les dépôts de transport superficiels ; dans » le midi, avec les animaux des brèches osseuses et d'un grand » nombre de cavernes (Lunel-Vieil, Brengues, etc.). Les diffé- » rences entre les populations de ces diverses localités doivent sans » doute être attribuées au climat et par suite à l'altitude des lieux » habités par ces animaux : aussi nos terrains (ceux de l'Auvergne) » présentent-ils, sous ce rapport, plus d'analogie avec ceux du » nord de la France qu'avec leurs contemporains du midi. »

(1) *Bull.*, vol. XIV, p. 210. 1843. *Ibid.*, p. 29. 1842.

Dans son *Mémoire sur les grottes du Vivarais* (1), M. de Malbos, après avoir rappelé les diverses hypothèses émises sur la formation des cavernes, croit que le plus grand nombre d'entre elles sont dues au retrait des masses calcaires, lorsque leur pâte se consolidait, et à l'expansion des gaz qui avaient précédé ce retrait. Sans prétendre que ces causes n'aient pu agir dans quelques cas, il est cependant difficile de les admettre comme causes générales. Quoi qu'il en soit, les observations de l'auteur n'en ont pas moins un vif intérêt. Ainsi les incrustations si remarquables de stalactites et de stalagmites de ces grottes, les dépôts de transport de diverses sortes qu'on y observe, les ossements de différentes espèces d'animaux et les débris de l'industrie humaine qu'on y rencontre çà et là, l'usage de ces mêmes cavernes comme habitations des premiers hommes qui vinrent dans le pays, font désirer qu'un semblable travail soit entrepris par les personnes qui habitent les contrées où existent des grottes ou cavernes.

Celle de Lhommaizé, située dans la formation oolithique, à 5 lieues à l'est de Poitiers, a été étudiée par M. Mauduyt (2), qui y a reconnu trois couches distinctes à ossements. Dans la plus inférieure sont ceux de pachydermes et de ruminants (cerf, bœuf, cheval, cochon, etc.) complétement fossilisés ou mal conservés; dans la couche immédiatement au-dessus, les débris, dans un meilleur état de conservation, ont appartenu à des carnassiers (lion, tigre, hyène ou chien); enfin les ossements répandus dans l'alluvion supérieure de la caverne sont peu ou point altérés et proviennent de rongeurs et de petits carnassiers dont les analogues vivent encore dans le pays.

Près du hameau de Soute, à l'ouest de Pons (Charente-Inférieure), les carrières de Piplart, ouvertes dans un calcaire de la formation crétacée, ont fait découvrir de nombreux ossements de carnassiers, de pachydermes, de ruminants et de rongeurs (tigre, chien, éléphant, rhinocéros, hippopotame, bœuf, bison, renne, daim, élan, cheval, etc.). Ils étaient enfouis dans une couche d'alluvion de $1^m,50$ d'épaisseur et divisée en plusieurs lits (3).

---

(1) *Bull.*, vol. X, p. 353. 1839. — Voyez aussi : *Observations sur les dépôts diluviens du Vivarais. Compt. rend.*, vol. XIV, p. 589. 1842.

(2) *Bull. de la Soc. d'agric. de Poitiers*, vol. V. 1836.

(3) Chaudruc de Crazannes, *Acad. des sciences*, 19 mai 1834.

M. Puel (1) a communiqué plusieurs observations intéressantes sur les débris de mammifères (cerf, renne, rhinocéros, bœuf, cheval, etc.) de la caverne de Brengues (Lot), située au sommet d'une montagne jurassique. Dans une brèche dure qui tapisse les parois d'une grotte du calcaire jurassique de Savigné, entre Civray et Charroux, M. Jolly (2) a trouvé des armes en silex, des os travaillés et des ossements d'herbivores et de rongeurs, mais rien ne prouve que ces derniers appartiennent à des espèces éteintes et par conséquent que la brèche soit antérieure à l'époque moderne.

France méridionale.

M. Marcel de Serres (3) a décrit les fentes du calcaire de transition de Caunes (Aude), qui sont plus ou moins remplies de stalactites et de stalagmites, puis de cailloux et de limon rougeâtre, enveloppant des ossements de mammifères charriés par les eaux. Ces derniers ont pour la plupart appartenu à des espèces déjà signalées dans les cavernes du midi de la France, et il y a en outre des oiseaux de l'ordre des *rapaces* et de celui des *gallinacés*.

A l'est de Saint-Jean du Gard, près de Mialet, M. Buchet (4) a découvert, dans une caverne de la formation jurassique, des ossements humains et divers objets d'industrie, mais ils paraissent être d'une époque distincte et plus récente que les débris d'hyène et d'*Ursus Pittorii* trouvés dans le même lieu par M. A. Juliet (5). Les cavernes à ossements de Lunel-Vieil, déjà connues par plusieurs publications, ont reçu une véritable illustration de l'ouvrage important de MM. Marcel de Serres, Dubreuil et Jeanjean (6). Les auteurs y ont rassemblé tout ce que l'on savait sur cette localité, où ils signalent 47 espèces d'animaux vertébrés et 18 d'invertébrés. En faisant abstraction des coquilles qui proviennent évidemment de la mollasse ou du *calcaire moellon* dans lequel les cavernes sont

---

— *L'Institut*, 24 mai *id.* — D'Archiac, *Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. II, p. 163. 1837.

(1) *Bull.*, vol. VIII, p. 279. 1837. — *Compt. rend.*, vol. VI, p. 653. 1838. — Voyez aussi pour la liste de ces fossiles, *Bull.*, vol. IX, p. 43, 176, 244 et 271. 1837.

(2) *Compt. rend.*, vol. XXVI, p. 99. 1848.

(3) *L'Institut*, 3 nov. 1842.

(4) *Mém. de la Soc. de physique et d'hist. nat. de Genève*, vol. VI, 2e partie, p. 369. 1834. — *Compt. rend.*, vol. II, p. 185. 1836.

(5) *Acad. des sciences*, 7 sept. 1835. — *L'Institut*, 9 sept. *id.*

(6) *Recherches sur les ossements humatiles des cavernes de Lunel-Vieil*, in-4, 21 planches. Montpellier, 1839.

creusées, les 7 espèces de mollusques gastéropodes trouvées enfouies avec les ossements vivent encore dans le pays.

Près de Grasse (Var), sur la montagne dite *la Marbrière*, à deux lieues de la mer et à 500 mètres au-dessus du son niveau, M. J. Duval (1) a découvert une brèche osseuse dans un calcaire de la formation crétacée, et, plus à l'est, M. Nodot (2) a recueilli beaucoup d'ossements dans les grottes des environs de Nice, au nombre de dix ou douze, et particulièrement dans celles de Falicon, du Lazaret et du Châteauneuf, qui sont ouvertes dans des calcaires secondaires. Le sol de ces cavernes est formé d'une terre rouge argileuse, recouverte de stalagmites.

Généralités sur les brèches osseuses.

D'après M. J. de Christol (3), l'uniformité des caractères de la plupart des brèches osseuses ne prouverait point leur contemporanéité et ne serait pas aussi constante qu'on l'a cru. Beaucoup de calcaires, principalement jurassiques, crétacés et d'eau douce, qui ne sont point recouverts, éprouvent une décomposition superficielle très lente, due à une action presque entièrement chimique et dont le produit ferrugineux et rougeâtre est entraîné par les eaux pluviales dans les fentes de la roche. Tel est le mode de remplissage des brèches dans lesquelles se trouvent les débris d'animaux actuels, de poterie, etc., et les brèches osseuses anciennes, qui ont été sans doute formées de cette manière, ne peuvent être attribuées à aucune révolution du globe, soit générale, soit partielle.

L'auteur pense que l'on peut déterminer l'âge des brèches par celui des fentes qu'elles remplissent, que l'âge de ces dernières assimilées à des filons, peut aussi être déterminé comme celui des filons eux-mêmes, enfin, que la théorie des soulèvements est susceptible de leur être appliquée. Mais ces analogies sont plus apparentes que réelles, et, en effet, il n'y a point de rapport nécessaire entre l'âge d'une fente et l'époque de son remplissage, et cette dernière est seulement connue par les animaux qu'on y trouve. Comme nous l'avons dit, tous ces animaux étant jusqu'à présent plus récents que la faune tertiaire supérieure, on n'a aucune raison pour rapporter les brèches à plusieurs époques. En outre les filons ont été pour la plupart remplis, de bas en haut, par des sublima-

(1) *Acad. des sciences*, 9 sept. 1839. — *L'Institut*, 12 sept. *id.*
(2) *Bull.*, vol. XIV, p. 457. 1843. — *L'Institut*, 26 oct. 1843.
(3) *Observations générales sur les brèches osseuses*, in-8. Montpellier, 1834.

tions ou des précipités; les fentes des brèches osseuses l'ont été, au contraire, par le haut et par les sédiments que les eaux charriaient ou tenaient en suspension.

Les brèches osseuses de Baillargues et de Vendargues, près de Montpellier, ont été formées subitement par l'inondation qui a recouvert cette partie de la France et rempli de limon et de gravier la caverne de Lunel-Vieil. Les brèches ni le dépôt de transport du pays n'ont point présenté d'os de grands animaux comme cette caverne, ce qui prouverait que les débris d'éléphant, de rhinocéros, de cerf, de hyène, d'ours et de lion, n'ont pas été amenés dans celle-ci par le courant qui l'a remplie de limon et de gravier, mais qu'ils ont dû y être apportés auparavant par des hyènes.

Nous mentionnerons ici, faute d'une place plus convenable, quelques publications générales qui ont été faites en France sur le sujet dont nous venons de nous occuper. L'*Essai sur les cavernes à ossements et sur les causes qui les y ont accumulés* (1), par M. Marcel de Serres, est une espèce de monographie de toutes les cavernes qui sont connues jusqu'à présent. L'auteur y a rassemblé et mis en ordre une grande quantité de matériaux épars dans des ouvrages plus ou moins anciens, et, considéré sous ce rapport ou au point de vue de l'érudition, son travail ne peut qu'être consulté avec infiniment d'intérêt et d'utilité par les personnes qui désirent posséder des connaissances étendues à cet égard. Mais on doit regretter que l'auteur ait tout à fait oublié d'indiquer les sources où il a puisé ses documents; car, la vérification des citations et des autorités sur lesquelles il s'appuie n'étant pas possible, on hésitera peut-être à se servir de renseignements dépourvus de ce caractère d'authenticité toujours nécessaire à constater ou à rappeler. C'est également cette omission de M. Marcel de Serres qui nous empêche de donner plus de détails sur ce mémoire remarquable, nous trouvant dans l'impossibilité, pour lui rendre toute justice comme nous le désirons, de distinguer, dans cet ensemble de faits et d'opinions, ce qui lui appartient en propre de ce qui peut être le fruit de ses nombreuses lectures.

Dans un article très étendu sur les *Grottes* ou *Cavernes* (2), M. J.

(1) Ouvrage couronné en 1835 par la Société des sciences de Harlem. — 1re éd., Harlem, 1835; — 2e, Montpellier, 1836; — 3e, Paris, 1838.

(2) *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, dirigé par M. Ch. d'Orbigny, vol. VI, p. 343-407. 1845.

Desnoyers, après une *Introduction* fort élégante sur les cavernes et les grottes célèbres de l'antiquité, les croyances et les fables qui s'y rattachent et leurs usages chez les peuples non civilisés, examine successivement : 1° l'ensemble des faits géologiques auxquels appartient l'histoire naturelle des cavernes ; 2° les caractères généraux des cavernes proprement dites, des fentes à brèches osseuses, des puisards naturels, etc , roches et terrains dans lesquels ces cavités sont le plus fréquentes ; 3° relation des anfractuosités intérieures du sol avec l'hydrographie souterraine ; 4° dépôts formés dans les cavernes, concrétions calcaires, fragments de roches, sédiments de transport ; 5° débris organiques, et spécialement ossements de mammifères enfouis dans les cavernes ; 6° ossements humains et vestiges de l'industrie humaine trouvés dans les cavernes ; 7° rapports des principaux groupes géographiques des cavernes avec le relief extérieur du sol et avec les grandes chaînes de montagnes ; 8° théories diverses proposées pour expliquer l'origine et le comblement des cavernes. Nous ne suivrons point le savant auteur dans le développement de son programme, qu'il a rempli de la manière la plus intéressante ; nous ne pouvons qu'y renvoyer le lecteur, qui y trouvera un exposé aussi clair que méthodique de la plupart des faits acquis à la science.



CHAPITRE V.

TERRAIN QUATERNAIRE DES ALPES.

§ 1. Plaines et vallées du pourtour des Alpes.

C'est surtout par l'étude des dépôts sédimentaires les moins anciens dans le voisinage des Alpes que la succession des derniers phénomènes qui ont agité l'Europe occidentale a pu être établie avec une certaine précision. M. Élie de Beaumont, en prouvant que le soulèvement de la chaîne principale, qui s'étend du Valais en Autriche, avait eu lieu après la formation du terrain tertiaire supérieur ou des marnes sub-apennines, a limité de la manière la plus nette le commencement de l'époque quaternaire, dont les dépôts n'ont point éprouvé de dérangement général.

Ce qui nous a frappé jusqu'à présent dans les caractères de ces dépôts, outre leur état meuble ou incohérent et l'absence de stratification continue sur une certaine étendue, c'est de ne présenter aucune roche particulière à cette époque, mais seulement les débris accumulés confusément de toutes celles qui l'ont précédée; car les couches régulières, soit marines, soit lacustres, sont de simples accidents en comparaison de l'universalité des détritus erratiques dus à des causes qui ont agi sur des espaces dont nous cherchons aujourd'hui à retrouver les limites. Ces dépôts ont cela de remarquable que, circonscrits à des surfaces données, ils ont tout à la fois des caractères communs et des caractères propres, et semblent être pour la plupart contemporains. Ainsi les résultats sont locaux, et cependant la cause a dû être générale.

Cette cause n'est point le soulèvement d'une chaîne de montagnes, car l'effet eût été nécessairement en rapport avec ce soulèvement; la direction des courants, déterminée par celle du nouvel axe montagneux, serait encore traduite pour nous dans la direction des traînées de débris qu'ils auraient charriés; mais, nous l'avons dit, il n'y a point de centre commun; il y a, au contraire, autant de centres particuliers que de gibbosités. Or, si la cause est une, il

faut qu'elle ait été jusqu'à un certain point indépendante de ces mêmes centres.

En passant des conditions physiques de ces amas détritiques aux caractères de la faune qu'ils renferment, on voit que, très voisine sans doute de celle qui l'a précédée ou du terrain tertiaire supérieur, et de celle qui l'a suivie ou de l'époque actuelle, elle diffère cependant assez de l'une et de l'autre pour faire penser qu'un laps de temps considérable s'est écoulé entre le soulèvement qui a mis fin à la période sub-apennine et la catastrophe générale qui a enseveli dans ces accumulations de sable, de gravier, de cailloux et de blocs, toutes ces générations de grands pachydermes, de ruminants, de carnassiers, de rongeurs, etc., qui peuplaient les terres émergées, sans doute plus étendues alors qu'à aucune des époques antérieures.

A ces premiers résultats de la simple inspection des faits il faut ajouter la présence de blocs souvent énormes et très nombreux que l'on rencontre sur des points élevés, à d'immenses distances de leur origine, dont ils sont aujourd'hui séparés par de profondes vallées et même par des bras de mer. Ce caractère exclusivement propre à l'époque diluvienne dans les zones nord et tempérée de l'hémisphère boréal, et que l'on retrouve en partie dans l'hémisphère austral, a depuis longtemps attiré l'attention des observateurs, surtout dans les Alpes, où il se présente avec des circonstances particulières. Par sa situation, comme par sa grandeur et sa complexité, cette chaîne était plus propre qu'aucune autre à provoquer les recherches, et, depuis 1835, les travaux qui ont été publiés pour décrire et tenter d'expliquer tout ce qui peut avoir rapport aux phénomènes physiques de l'époque quaternaire se sont accumulés au point de rendre assez difficile la tâche d'exposer ce qu'ils ont fait connaître de plus précis.

Sur le pourtour de la chaîne et dans les vallées principales qui en descendent, il y a des dépôts dont le mode de formation n'est point douteux, et nous avons déjà parlé de ceux qui s'étendent dans les parties basses du Lyonnais, du Dauphiné et de la Provence. Nous avons vu que le transport de leurs éléments par des eaux profondes et animées d'une grande vitesse ne pouvait laisser aucune incertitude; aussi nous occuperons-nous d'abord des dépôts analogues qui se présentent sur d'autres points, remettant à traiter ensuite de ceux dont l'origine est aujourd'hui l'objet de discussions si vives.

M. Necker (1) a reconnu deux assises dans le terrain diluvien des environs de Genève; mais leur distinction ne paraît pas se maintenir sur une grande étendue. Elles sont formées l'une et l'autre de débris de toutes les roches dont la chaîne est composée. L'assise inférieure, que l'auteur nomme *alluvion ancienne*, à cause de sa ressemblance avec les alluvions modernes, est composée de galets, de gravier et de sable plus ou moins grossier. Les cailloux, de la grosseur du poing jusqu'à celle de la tête, sont arrondis et un peu aplatis. Ils sont en lits horizontaux, assez épais, alternant parfois irrégulièrement avec des lits de gravier et de sable moins étendus et de forme lenticulaire. Le tout, d'une puissance de 23 à 25 mètres, repose sur les grès qui forment le fond du bassin. Bassin du Léman

L'assise supérieure, appelée par M. Necker *terrain diluvien cataclystique*, présente des masses disposées sans ordre, et dont les éléments de toutes les dimensions sont mélangés indistinctement. Le dépôt cataclystique termine les plateaux par une surface plane, et s'élève sur les collines environnantes. Près de Genève, il est surtout composé de glaise ou limon d'atterrissement, semblable au lehm de la vallée du Rhin et des environs de Vienne, dont il occupe la position. Il n'a d'ailleurs aucune apparence de stratification et ne forme qu'un seul banc continu de 15 à 20 mètres d'épaisseur. Les cailloux que l'on y rencontre sont de même nature que ceux de l'assise inférieure et que ceux qui sont encore roulés par les eaux de l'Arve et du Rhône. La proportion des diverses espèces y est aussi à peu près la même, sauf les gros blocs provenant pour la plupart des roches primitives et surtout des protogynes granitoïdes des aiguilles de Chamouny.

M. Necker ne doute pas que les blocs encore enveloppés dans le limon d'atterrissement et le gravier de l'assise supérieure ne soient identiques avec ceux qui sont actuellement isolés sur les flancs des montagnes, sur les crêtes ou les pentes des coteaux, ou encore dans le fond des vallées, et qui, connus sous le nom de *blocs erratiques*, ont dû être aussi enveloppés primitivement dans des masses d'argile ou de petits galets. Ces derniers matériaux, plus légers, auront été entraînés par l'action longtemps prolongée des agents atmosphériques (p. 239).

Après avoir suivi ces dépôts sur les deux rives du lac, au pied des Alpes et du Jura, et dans les vallées intérieures, l'auteur as-

(1) *Études géologiques dans les Alpes*, p. 227, vol. I, Paris, 1841.

signe pour limite occidentale des cailloux alpins les environs de Brou (Ain) ou peut-être ceux de Bourg. Sur la rive droite du lac de Genève, entre Begnin et Aubonne, le terrain diluvien devient très puissant, et atteint, à la colline de la Côte, 880 mètres d'altitude ou 514 mètres au-dessus du lac. La description détaillée du bassin du Léman amène M. Necker à conclure (p. 347) « 1° que tous les » éléments des deux dépôts diluviens et des alluvions récentes pro- » viennent des roches du bassin hydrographique qui les entoure, » et qui sont toutes à un niveau plus élevé que celui qu'occupent » actuellement ces débris : ainsi, lors de leur dispersion, le sol avait » déjà pris en général son relief actuel ; 2° que les blocs diluviens, » quant à leur nature, et contrairement aux cailloux des alluvions » anciennes et modernes, sont d'autant plus nombreux que les » terrains dont ils proviennent sont moins étendus et sont plus éloi- » gnés de la place qu'occupent aujourd'hui les blocs ; 3° que la forme » des blocs diluviens est la même que celle des blocs que charrient » les glaciers et qu'ils déposent sur leurs moraines ; sans être en géné- » ral complétement arrondis, ils ont les angles et les arêtes émous- » sés (1). »

Les masses de débris dont ils faisaient d'abord partie avaient leur point de départ au débouché de toutes les grandes vallées des Alpes, et c'est là que leur épaisseur était la plus grande. Celle qui débouchait par la vallée du Rhône paraît s'être élevée sur le Jura jusqu'à 700 et même 1100 mètres, limite supérieure des blocs sur le Chasseron. De ce point, la ligne des blocs s'abaisse vers la plaine, au N.-E. et au S.-O. Il y aurait, dit l'auteur, une grande probabilité pour que ce qui reste encore de terrain diluvien dans le bassin du lac de Genève fît partie d'une seule et même masse partant du débouché de la vallée du Rhône, et dont la forme devait être celle d'un cône très surbaissé, ressemblant ainsi, mais sur une échelle infiniment plus grande, aux petits cônes de détritus que forment les torrents alpins à leur sortie des montagnes. La distribution des anciens débris dans la vallée de l'Arve et sur son prolongement, aussi bien que dans les autres grandes vallées de la chaîne, conduirait encore à la même conclusion, et tous ces cônes de débris meubles auraient été démantelés et oblitérés par les agents

(1) Voyez aussi J. A. Deluc, *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, vol. III et V.

atmosphériques, dans la période qui s'est écoulée depuis la formation de ces cônes jusqu'aujourd'hui.

La cause de ces grands atterrissements ne peut être antérieure au soulèvement des Alpes ni même contemporaine de ce phénomène. La prédominance des blocs de roches primitives sur ceux des calcaires secondaires, et le rapport inverse du nombre de ces blocs avec l'éloignement de la roche d'où ils proviennent, s'opposent, suivant M. Necker, à ce que l'on attribue leur transport à des glaciers et qu'on les assimile à des moraines, car les glaciers charrient également les débris de toutes les cimes au pied desquelles ils passent, et le nombre des blocs calcaires aurait dû être beaucoup plus considérable que celui des blocs de roches primaires. « D'ailleurs, » ajoute-t-il, il est impossible de trouver dans la distribution, la » position et la structure des dépôts diluviens dans les plaines rien » qui rappelle, même de la manière la plus éloignée, les moraines » des glaciers. »

Ni les glaciers seuls, ni les eaux torrentielles seules, continue-t-il, n'ont opéré le transport de tous ces matériaux ; mais ces deux causes réunies auront produit leur charriage et leur accumulation. Lorsque les glaciers étaient plus étendus qu'aujourd'hui, comme le prouvent d'anciennes moraines, des barrages occasionnés par ces glaciers ont pu donner lieu à des lacs, en interceptant les cours d'eau, et, lors du retrait des glaciers, les lacs s'épanchèrent et entraînèrent tout ce qui se trouvait sur leur passage. Ces effets, qui se sont peut-être renouvelés à plusieurs reprises, ne se présentent d'ailleurs qu'au débouché des grandes vallées aboutissant aux parties de la chaîne qui dépassent de beaucoup la limite des neiges éternelles. Lorsque les montagnes sont au-dessous de cette limite ou ne la dépassent que de peu (Carinthie, Carniole, Basse-Autriche, Croatie, Dalmatie, etc.), ou bien lorsque des massifs élevés se trouvent placés entre la chaîne centrale et les plaines (le Vicentin, le Feltrin, le Bellunais, le Frioul), on ne voit plus de blocs diluviens ni au débouché des vallées, ni dans les plaines voisines, tandis que les vallées du Véronais, du Milanais et du Piémont, qui aboutissent directement à la chaîne centrale, ont donné passage à un nombre prodigieux de blocs énormes et à d'immenses masses de débris diluviens.

M. A. Favre, dans ses *Considérations géologiques sur le mont Salève* (1), a confirmé la division établie par M. Necker, et pense

---

(1) Genève, 1843.

que les deux assises diluviennes ont été déposées par des phénomènes différents. Dans l'assise supérieure il a rencontré des cailloux striés ou rayés qui ne paraissent point exister dans l'inférieure, où il n'y a pas non plus ces blocs erratiques si fréquents au-dessus. Le terrain diluvien forme des plateaux quelquefois disposés en terrasses étagées les unes au-dessus des autres. Les rivières ont dû creuser leur lit dans ces dépôts meubles, car les dépressions qu'elles ont produites n'altèrent point l'horizontalité de la surface des plateaux, et les sommets des berges se correspondent de chaque côté. Certaines collines offrent parfois une fausse apparence de soulèvement, ou constituent des espèces de digues, telles que celles que l'on voit au-dessus de Thonon, de la Côte dans le pays de Vaud, celle du château de Faucigny près de Contamines, le petit Credo, et enfin le mont de Sion. Sur le mont Salève, il n'y a que des blocs erratiques de roches cristallines, et c'est au sud-est, vis-à-vis de la vallée de l'Arve, sur le versant qui regarde les Alpes, qu'ils sont le plus nombreux. Les sillons et les cavités cités dans le massif du Salève comme appuyant l'hypothèse des anciens glaciers ou celle des courants sont au contraire de l'époque moderne. D'après M. Favre les dépôts diluviens seraient aussi plus récents que la dernière révolution qui a donné au Mont-Blanc et au Jura leur relief actuel, et il s'attache à démontrer que les trois soulèvements qui ont laissé des traces dans le Salève ont eu lieu dans la même direction, le dernier d'entre eux étant contemporain de celui des Alpes occidentales.

Vallée de la Suisse.

Si nous jetons un coup d'œil sur la grande vallée qui au nord-est sépare les Alpes du Jura, nous trouverons que, dans le canton de Soleure, M. A. Gressly (1) a décrit les dépôts de cette époque comme ordinairement composés, à la base, de limon, seul ou alternant avec des lits de cailloux qui finissent par dominer tout à fait vers le haut. Les blocs erratiques sont tantôt accumulés en masses considérables sur les hauteurs, tantôt épars sur le sol des plaines. La ligne de partage des chaînes du Pauwang forme la séparation des dépôts diluviens provenant des Alpes au sud de ceux qui proviennent des Vosges et de la Forêt-Noire au nord. Des débris d'*Elephas primigenius* et d'*Ursus spelæus* ont été trouvés dans le limon.

Le sol des vallées ouvertes dans la mollasse et celui de la plaine

(1) *Observations géologiques sur le Jura soleurois* (*Nouv. mém. de la Soc. helvétique des sc. nat.*, vol. I. Neuchâtel, 1837—1838).

suisse, dit M. Studer (1), est recouvert d'une couche de gravier et de sable atteignant quelquefois plus de 30 mètres. C'est le diluvium dans lequel les rivières actuelles ont creusé leur lit. Des terrasses superposées indiquent des alternances ou des époques de repos suivies par des moments de charriage (p. 27). Ces masses de graviers sont surmontées par un diluvium plus récent, sans stratification, composé de galets et de blocs volumineux, enfouis dans une argile sableuse. Les blocs et les cailloux sont plus ou moins arrondis ou anguleux, et le dépôt qu'ils forment est adossé aux collines de mollasse, ou bien constitue des digues, ordinairement parallèles, de 7 à 30 mètres d'élévation, placées au pied du talus, ou en travers de la vallée. Ces blocs diffèrent seulement des blocs erratiques proprement dits en ce qu'ils sont enveloppés dans le limon et le gravier au lieu d'être isolés et dégagés. M. Escher de la Linth (2) a confirmé pour la Suisse orientale les vues de M. Studer, et il demeure bien constaté que les blocs erratiques et le dépôt auquel ils appartiennent sont postérieurs au remplissage des vallées par les graviers avec ossements d'éléphants et bancs de lignites dont les végétaux sont analogues, sinon identiques avec ceux qui vivent encore dans le pays.

Ainsi, dans la grande vallée suisse comme dans celle du lac de Genève, les géologues s'accordent à distinguer deux dépôts de transport dont le plus ancien repose sur la mollasse; mais ce ne fut qu'en 1845 que l'un des savants le plus justement célèbres de ce pays chercha à les comparer avec ceux du bassin du Rhône et de la Saône. M. Studer (3), qui a bien voulu nous faire part lui-même des résultats de ses recherches, pense que la plus grande partie des dépôts compris par M. Élie de Beaumont sous le nom de *terrain de transport ancien*, et que nous avons dit représenter le terrain tertiaire supérieur, serait du nagelfluhe pour les naturalistes suisses et par conséquent une assise très différente du dépôt erratique ancien ou de l'assise inférieure de la Suisse. Parmi les dépôts détritiques de la France, les collines de Digne, les lignites de Pamiers, etc., appartiendraient au terrain tertiaire, tandis que les graviers de la Bresse, les lignites de la Tour-du-Pin, seraient de

(1) *Aperçu général de la structure géol. des Alpes* (*Bibl. univ. de Genève*, mars 1842). — *Neu. Jahrb.*, 1841.

(2) *Gebirgskunde des Kanton Glarus*. Géologie du canton de Glaris, in-12. 1846.

(3) *Neu. Jahrb.*, 1846. — *Bibl. univ. de Genève*, id.

l'époque quaternaire. Les premiers s'élèvent en collines et présentent une stratification souvent inclinée à l'horizon ; les seconds forment le sol des plaines et des terrasses en couches horizontales adossées contre les pentes des montagnes. Nous reviendrons sur ce sujet en traitant du terrain tertiaire; mais on peut juger dès à présent, et d'après ce que nous avons dit en parlant du *bassin du Rhône*, que plusieurs points importants restent encore à éclaircir.

Plaines et vallées du versant sud des Alpes.

Sur le versant méridional des Alpes, on rencontre dans les provinces vénitiennes des poudingues ou conglomérats composés de pierres, tantôt arrondies, tantôt anguleuses, réunies par un ciment calcaire. Quoique M. T. A. Catullo (1) n'ait pu déterminer exactement l'âge de tous les conglomérats qui occupent des espaces considérables dans ce pays, il regarde ceux de l'époque diluvienne comme très fréquents et renfermant des roches de diverses formations; tandis que ceux de l'époque actuelle sont moins développés, moins solides, ne contiennent que des fragments de roches des environs et des débris de l'industrie humaine, ce qui n'a jamais lieu pour les autres. Quant aux blocs erratiques que l'on voit sur les montagnes et dans les vallées voisines des provinces vénitiennes (2), l'auteur attribue leur dispersion au soulèvement des montagnes dont les fragments auraient été lancés à de grandes distances par les forces soulevantes, opinion émise anciennement par Deluc.

Les détails qu'a fournis le forage du puits artésien exécuté par M. Degousée sur la place de Santa-Maria-Formosa à Venise, et qui au mois de juillet 1847 était arrivé à 132 mètres de profondeur, sont intéressants pour donner une idée de l'épaisseur des couches de sable, d'argile et de tourbe qui se sont formées soit dans la période quaternaire, soit dans celle d'aujourd'hui. La tourbe a été rencontrée à 29, 48, 85 et 126 mètres. A tous ces niveaux elle était identique à la tourbe qui se forme encore sur divers points de la lagune; d'où l'on peut induire un abaissement successif très prononcé de cette partie du continent. La coupe détaillée jointe à

---

(1) *Trattato soprà la costituzione*, etc. Traité sur la constitution géognostico-physique du terrain alluvien et post-diluvien des provinces vénitiennes, p. 113, in-8. Padoue, 1838. — *Nota geognostica*, etc. Note géognostique sur les poudingues d'alluvion et sur le terrain de transport des provinces vénitiennes. (*Bibl. italiana*, n° 260, p. 276, et n° 261, p. 117. 1837.)

(2) *Dei massi erratici*, in-8. Padoue, 1843?

la note de M. de Challaye (1) montre, comme le dit l'auteur, que la végétation s'est établie, au moins à quatre reprises différentes, à la surface du sol que borde l'extrémité de l'Adriatique ; que chaque fois elle y a été interrompue par des inondations suivies de formations tourbeuses et d'accumulations de sable ayant une épaisseur de 6, 12, 16, 19 et 25 mètres ; enfin que les beaux arbres qui ornent à présent le Lido et les bords de la Brenta sont les représentants de la cinquième génération, de ceux qui ont fleuri à une époque déjà fort ancienne, remontant bien au-delà des temps historiques.

M. P. de Filippi (2) décrit ainsi les dépôts diluviens de la plaine et des collines de la Lombardie. A la base, et se montrant à découvert dans la vallée du Pô, est une couche très étendue de sable fin plus ou moins mélangé d'argile et comparable au lehm. On y rencontre des ossements d'*Elephas primigenius*, de *Bos urus fossilis* et de *Cervus giganteus ;* au-dessus vient un lit de sable aurifère fort étendu aussi, exploité sur quelques points (3) et dans la vallée de l'Adda, mais qui manque dans celle du Pô, au-dessous du confluent de cette rivière, tandis qu'il existe constamment lorsqu'on remonte le fleuve en Piémont jusque vers sa source, ainsi que dans le lit des cours d'eau qui s'y réunissent, à la partie supérieure de son cours.

Sur le sable aurifère est un banc de sable quartzeux, très fin, de plusieurs mètres d'épaisseur, avec quelques lits subordonnés de gravier et d'argile. Quelquefois il est ferrugineux et agglutiné. Breislack avait déjà mentionné les poudingues diluviens de la Lombardie, auxquels on doit rapporter tous ceux qui forment la base des collines sub-alpines, excepté toutefois les conglomérats de Sirone et de Montorfano, dans la province de Côme. Ces conglomérats sont composés de cailloux de granite, de gneiss, de micaschiste, de calcaire et de divers poudingues réunis par un ciment de grès. Lorsque les cailloux manquent, la roche ressemble à la mollasse. Le plus ordinairement le conglomérat diluvien recouvre les roches secondaires, quelquefois les roches sub-apennines (envi-

---

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 23. 1847. — *Compt. rend.*, vol. XXV, p. 214. 1847.

(2) *Sulla costituzione*, etc. Sur la constitution de la plaine et des collines de la Lombardie. (*Ann. univ. di statistica*, févr. 1839. Milan.)

(3) Voyez Breislack pour la localité de Ticino, et Brocchi pour celle de l'Oglio.

rons de Varèse) ou bien encore les sables quartzeux et ferrugineux précédents (vallées du Lambro et de l'Adda). Enfin le dépôt de transport tout à fait superficiel de la Lombardie est une grande couche de sable et de gravier fin dans lequel dominent les petits cailloux de quartz. Quelques plaques d'argile, exploitées pour la fabrication des tuiles et des briques, y sont subordonnées çà et là.

A mesure que l'on remonte dans les vallées sub-alpines, on trouve les accumulations de cailloux de plus en plus considérables, et le volume des fragments augmente en même temps. Elles constituent alors des collines élevées, comme celles de Luvinate sur le territoire de Varèse. La direction de ces débris, comme l'a dit Hoffmann, s'accorde avec le cours des eaux, tant des lacs que des fleuves, et avec la direction principale de la stratification des montagnes d'où les détritus proviennent. Le transport de toutes ces masses fragmentaires au pied des Alpes lombardes et celui des cailloux qui forment une couche si étendue dans la plaine ont été effectués dans le même temps et dans la même direction.

Quant à la cause du transport, M. de Filippi, après avoir rappelé l'opinion de Venturi, qui avait déjà développé l'hypothèse des glaces flottantes, puis celles des géologues de nos jours, s'arrête à l'explication proposée par M. Catullo (1), laquelle consiste à attribuer la répartition des cailloux superficiels à une dernière inondation. Celle-ci aurait été produite par de nombreux courants descendant des Alpes par les vallées actuelles, et qui entraînèrent et remanièrent les dépôts de cailloux déjà formés au pied de la chaîne dans la période précédente, puis répandirent le sable et les graviers les moins volumineux au même niveau sur presque toute la plaine. Les cours d'eau actuels ne seraient que les derniers représentants de ceux qui alors inondaient la Lombardie.

M. G. Curioni (2) a décrit les poudingues quaternaires et le dépôt erratique des environs de Bergame et paraît rapporter à cette époque les couches d'argile ferrugineuse (*ferretti*) que nous avions, avec M. Catullo, placées dans l'époque moderne. D'ailleurs les poudingues (*ceppo rustico*, *ceppo mezzano* et *ceppo gentile*), beaucoup plus puissants, sont inférieurs à cette argile. Ceux qui comprennent plusieurs variétés de roches, non seulement

---

(1) *Osservazioni soprà i terreni*, etc. Observations sur les terrains post-diluviens. Padoue, 1834.

(2) Extr. du journal *Il Politecnico di Milano*. 1846?

se montrent dans les vallées actuelles, mais encore sur beaucoup de points intermédiaires, principalement entre les vallées de l'Olona, du Lambro et de l'Adda. Sur les limites des provinces de Côme et de Milan, on en trouve jusqu'à 80 mètres de profondeur dans le percement des puits. Des ossements d'éléphant, de rhinocéros, d'élan, d'antilope, d'ours, ont été recueillis dans le dépôt erratique de la plaine de la Lombardie, près de Crema, au-dessus de Lodi, près de Pavie, etc. L'auteur insiste sur la nécessité de distinguer les ossements de mammifères provenant soit des marnes sub-apennines, où l'on n'a trouvé que des débris de cétacés, soit des sables jaunes qui les recouvrent, où l'on a observé des os d'éléphant, soit enfin des dépôts erratiques plus récents où les éléphants, les rhinocéros, etc., sont plus fréquents.

Les cailloux des couches de gravier et d'argile quelquefois micacée qui recouvrent une partie des montagnes des environs d'Aoste proviennent des chaînes environnantes. Par place le gravier a été consolidé par un ciment calcaréo-argileux, et il se voit surtout à l'ouest-sud-ouest d'Aoste, le long de la Dora (1). Le pied des montagnes de la vallée de Suze, du Mont-Cenis et des collines de Rivoli est aussi caché sous un dépôt puissant formé de couches horizontales de sable micacé et serpentineux, d'argile très fine et de gravier quartzo-talqueux et micacé provenant des montagnes environnantes. Mais ces divers éléments n'occupent pas une position relative constante. Les détritus qui constituent des surfaces incultes appelées *vaude* sont encore du même âge. M. Sismonda (2) pense que les cailloux roulés de la plaine du Piémont sont plus récents; mais peut-être ne seraient-ils qu'une circonstance particulière du phénomène général.

Les blocs erratiques du revers méridional des Alpes et les cailloux roulés de la vallée du Pô ont été transportés à leur place actuelle par de grands courants produits suivant toute probabilité, dit M. de Collegno (3), par la fonte des glaciers antérieurs au dernier soulèvement des Alpes; mais jamais les glaciers de la Valteline ne sont descendus jusqu'au lac de Côme. A cette explication du savant

(1) Ang. Sismonda, *Osservazioni geognostici*, etc. (*Mèm. della r. Accad. di Torino*, vol. XXXIX, p. 265).

(2) *Ib.*, vol. XXXVIII, p. 160. 1835.

(3) *Terrain diluvien sur le revers méridional des Alpes.* (*Compt. rend.*, vol. XVII, p. 523. 1843. — *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 284. 1845.)

géologue italien il semble qu'on pourrait objecter 1° que la température du pays à l'époque du dépôt des collines sub-apennines était au moins égale, si ce n'est supérieure à celle d'aujourd'hui, et que la chaîne n'ayant atteint tout son relief que par le soulèvement qui mit fin à ce dépôt, il y a tout lieu de croire que les glaciers étaient encore fort peu développés à la fin de l'époque tertiaire; 2° que rien ne prouve que le terrain quaternaire du versant sud des Alpes soit uniquement le produit immédiat du dernier soulèvement, tandis qu'il y a lieu de croire au contraire qu'il lui est de beaucoup postérieur. Le reste du Mémoire fort intéressant de M. de Collegno est consacré à la défense de l'hypothèse des courants et à une critique aussi savante que pleine de convenance de celle des glaciers anciens (1).

Ainsi le terrain diluvien, au pied des deux versants des Alpes, nous présente des différences assez notables dans sa composition et ses caractères généraux. La disposition de la chaîne arquée au sud-est faisait que tout ce qui en descendait de ce côté, où les pentes sont plus rapides et plus courtes, convergeait régulièrement vers l'axe de cette vallée si large et si unie que parcourt le Pô et ses nombreux affluents, tandis que la convexité du versant nord et la longueur des pentes faisaient diverger les détritus dont l'extension était limitée au nord-ouest par la chaîne concentrique du Jura et à l'ouest par des chaînes secondaires qui laissaient çà et là quelques ouvertures pour leur livrer passage. Cette disposition, disons-nous, a dû influer sensiblement sur les résultats du phénomène; mais nous voyons en outre qu'au sud la présence des marnes sub-apennines recouvertes par les détritus diluviens ne permet aucun doute sur l'âge de ces derniers, tandis que l'absence de ces mêmes marnes, au nord, y laisse encore quelque incertitude sur le parallélisme du plus ancien des dépôts de transport qu'on y observe.

§ 2. Massif des Alpes.

Si, quittant maintenant les grandes dépressions et les plaines qui bordent le pied des Alpes, nous essayons de pénétrer dans l'inté-

---

(1) M. Balsamo Crivelli a reconnu deux assises dans le terrain diluvien de la Lombardie. Voyez : *Milano e il suo territorio*, vol. II, p. 17.

rieur de cette chaîne multiple, par les nombreuses vallées qui descendent en rayonnant de ses sommités et sillonnent si profondément ses flancs, nous rencontrerons un nouvel ordre de faits dont la liaison plus ou moins intime avec ceux qui viennent de nous occuper est aujourd'hui l'un des points de la science les plus controversés, et pour l'intelligence duquel nous supposons que le lecteur a présent à la pensée ce que nous avons dit en traitant des glaciers modernes (*antè*, vol. I, p. 235).

Ouvrages divers sur l'hypothèse des anciens glaciers.

Playfair (1) paraît être le premier qui, dès 1802, eut cette idée, que les glaciers pouvaient être la cause du transport des blocs erratiques. En 1806, il l'appliqua aux blocs du Jura, et il n'hésita point à attribuer leur position à l'existence de glaciers qui avaient autrefois traversé le lac de Genève et la grande vallée de la Suisse. Un courant d'eau, dit-il, quelque puissant qu'on le suppose, n'aurait jamais pu transporter, puis laisser sur une pente un bloc tel, par exemple, que la *Pierre à Bot*, près de Neuchâtel; mais il l'aurait abandonné dans la première vallée qui se serait trouvée sur son passage. En outre ce bloc aurait eu ses angles arrondis, même en parcourant une distance beaucoup moindre, et il aurait acquis la forme qui caractérise les pierres soumises à l'action de l'eau. Un glacier, au contraire, qui comble les vallées et qui porte à sa surface des roches sans trace de frottement, est le seul agent que l'on puisse actuellement supposer capable de les charrier à une pareille distance sans émousser leurs angles.

Tout ce que l'on a appelé depuis la *théorie des anciens glaciers* se trouve résumé dans ce peu de mots d'un savant, sans doute peu connu en Suisse, car c'est à M. J.-D. Forbes que l'on doit de lui avoir rendu justice. En 1821, M. Venetz lut à la Société d'histoire naturelle de Suisse un Mémoire sur l'accroissement et le décroissement des glaciers dans les temps modernes, et il établit aussi la doctrine de l'ancienne extension des glaciers jusqu'au Jura, comme la cause du transport des blocs (2), et M. de Charpen-

(1) *Huttonian theory*, art. 349. — *Playfair's works*, vol. I, p. 29. — *Explication de Playfair sur la théorie de la terre par Hutton*, traduct. française par C. Basset, p. 310, *nota*, in-8. Paris, 1815. — J. D. Forbes, *Travels through the Alpes*, etc. Voyage dans les Alpes de la Savoie, p. 39, in-8. Édimbourg, 1843.

(2) *Bibl. univ. de Genève*, vol. XXI, p. 77. — Voyez aussi : *Sur les variations de la température dans les Alpes.* (*Taschenbuch*

tier (1), en 1835, appela l'attention sur l'état de la surface des roches qui résulte du glissement et du frottement des glaciers.

1er Mémoire de M. de Charpentier.

Les amas de blocs erratiques, dit ce dernier savant, renferment des fragments de toutes les grosseurs, depuis les grains de sable jusqu'à plusieurs milliers de pieds cubes. On trouve sur le Jura des blocs aussi volumineux que dans les vallées des Alpes. Or, si les eaux les avaient accumulés, il n'en serait point ainsi; la grosseur des fragments diminuant à mesure qu'on s'éloigne de leur point de départ. De plus, les matériaux charriés et déposés par les eaux offrent des lits alternatifs de blocs, de gravier, de limon et de sable, ce que l'on n'observe pas dans les accumulations de détritus erratiques. S'il y en a quelquefois dans leur voisinage, cela résulte d'une autre cause. Beaucoup de blocs, même des plus éloignés de leur origine, ne portent aucune trace de frottement et n'ont donc point été roulés.

Ces dépôts sont ordinairement allongés en forme de digue, parfois ils affectent celle de monticules coniques, isolés ou alignés; mais ils ne constituent jamais de nappes ni de plateaux. Ces digues, placées horizontalement au pied ou sur les talus des montagnes, les unes derrière les autres et plus ou moins espacées, sont parallèles entre elles et à la direction des vallées. Dans celle du Rhône, près de Bex, on les trouve sur les pentes jusqu'à 360 et 390 mètres au-dessus du fleuve, et jusqu'à 770 aux environs de Sion. Elles reposent toujours sur la roche en place. Des courants d'eau ne peuvent rendre compte de cette disposition, et, de plus, les blocs n'auraient pu franchir sans les combler les lacs qui existent à l'extrémité inférieure de la plupart des grandes vallées de la Suisse.

On remarque encore que les blocs sortis d'une vallée latérale ne se mêlent point ou ne sont que très imparfaitement associés, soit avec ceux de la grande vallée, soit avec ceux qui viennent d'une

---

de Leonhard, vol. XII, p. 565. 1818.)—*Denkschriften der Schweizerischen Gesellschaft; erster Band*, etc. Zurich, 1833.

Dans son roman de *Wilhelm Meister* (2e édit., vol. II, chap. 10. 1829), Goëthe dit: « Quelques uns enfin parlaient d'une période » de froid, pendant laquelle des blocs immenses de roches primitives » auraient glissé sur des glaciers qui s'étendaient au loin dans les » plaines. Après la fusion de ces glaces, ces blocs seraient restés gisant sur ce sol étranger. » (Note communiquée par M. Ch. Martins, traducteur des *Œuvres d'histoire naturelle* de Goëthe).

(1) *Notice sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse.* (*Ann. des mines*, 3e sér., vol. VIII, p. 219, sept. et oct. 1835. — *Bibl. univ. de Genève*, 2e sér., vol. IV, p. 1. 1836.)

vallée opposée. Les digues formées par ces amas de blocs sont distinctes et séparées dans chaque vallée. Les vallées des montagnes qui ont fourni des blocs erratiques offrent en outre, sur les rochers non dégradés, des surfaces lisses attribuées au frottement des matériaux entraînés par les torrents, ce qui est d'autant plus probable que l'on n'en voit point au-dessus du niveau que les blocs atteignent sur les pentes de chaque côté. Comment alors, se demande M. de Charpentier, une aussi grande quantité de blocs de toutes les dimensions, mis en mouvement par une énorme masse d'eau, aurait-elle uni et poli des surfaces verticales d'une étendue considérable? Il semble, au contraire, que celles-ci auraient dû être ébréchées. Comment aussi cette action de polissage aurait-elle été produite sur des surfaces qui surplombent et qui forment des voûtes (*barmes* ou *balmes*), et derrière des rochers en saillie qui auraient dû les protéger? Si ces surfaces étaient dues à un courant d'eau, elles seraient plus marquées vers le bas des vallées qu'à leur origine, et nulles sur les côtés des Alpes; or, c'est précisément le contraire qui a lieu, car plus on s'élève et mieux elles sont prononcées.

En comparant les caractères des moraines que forment les glaciers actuels et leur disposition avec les produits du phénomène des blocs erratiques, l'auteur y reconnaît une analogie qui lui fait partager l'opinion que M. Venetz lui avait communiquée plusieurs années auparavant. Pour concilier alors cette hypothèse avec les faits, telle que la végétation des *Chamœrops* dans l'ancienne vallée de Genève, végétation qui prouve une température plus élevée qu'aujourd'hui, il suppose que, lors du soulèvement des Alpes, qui a mis fin à cette végétation tropicale, tout le pays était plus élevé qu'il ne l'est actuellement, et qu'il a pu se former par conséquent des glaciers plus étendus qui ont diminué au fur et à mesure du tassement des roches et jusqu'à ce qu'elles aient eu atteint l'état stationnaire où nous les voyons.

Ainsi la végétation des *Chamœrops* exigeant une température moyenne de 17°,5, et la température moyenne des vallées où les glaciers peuvent se maintenir étant d'environ 6°, comme le climat de la vallée de Chamouny, par exemple, il en conclut que la contrée où vivaient les palmiers doit avoir été soulevée de 1840 mètres, pour que la température s'abaissât de 17°,5 à 6° (la température diminuant de 1° par 160 mètres d'élévation). Vevay et Genève étant aujourd'hui à 372 mètres au-dessus de la mer, l'affaissement

du pays où sont ces deux villes a dû être aussi de 1468 mètres, depuis le soulèvement de la chaîne.

On voit que, pour admettre cette explication, il faudrait supposer également que sur tous les points de l'hémisphère boréal, où l'on a signalé des traces d'anciens glaciers, il y a eu au même moment une turgescence générale du sol qui a porté cette partie du globe au-dessus de la ligne des neiges ou de la limite inférieure des glaciers, et qu'ensuite cette même portion de la sphère s'est tassée assez rapidement pour que la fonte des neiges et des glaces ait occasionné le transport des matériaux dans les plaines, supposition contre laquelle s'élèvent en outre beaucoup d'autres objections qui l'ont fait abandonner ensuite par son auteur.

Travaux de M. Agassiz.

Malgré la précision des faits rassemblés par M. de Charpentier, la manière simple et lucide avec laquelle il les avait exposés, et les conclusions qu'il en avait déduites, il ne parvint point à leur donner une grande importance dans la science, ni à faire sortir l'idée principale du champ restreint de la Suisse.. La *théorie des glaciers* sommeillait donc encore lorsque M. Agassiz (1), dans son discours d'ouverture à la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, le 24 juillet 1837, après avoir signalé des roches polies aux environs de cette ville, puis les blocs erratiques et des moraines dans le bassin de Genève et au-delà, voulut appliquer l'hypothèse de l'ancienne extension des glaciers à diverses parties du globe, et prétendit même en trouver des preuves dans chacune des grandes périodes géologiques. Mais, dans ce premier développement trop rapide de l'hypothèse, le célèbre zoologiste dépassa le but, et ce fut à la difficulté de la restreindre au domaine de l'observation rigoureuse des faits comme des inductions rationnelles que l'on doit une grande partie des recherches auxquelles on s'est livré depuis.

Les blocs erratiques du Jura reposent partout sur des roches dont la surface est polie; mais le contact n'est pas immédiat, et il y a entre eux de petits blocs et des galets de différentes grandeurs, formant une couche intermédiaire de quelques centimètres d'épaisseur ou davantage. Ces cailloux sont très arrondis; les plus gros en dessus et les plus petits en dessous passent à du sable fin au contact même des roches polies. Cette disposition est donc l'inverse de

(1) *Actes de la Soc. helvétique des sc. nat.* 1837. — *Bibl. univ. de Genève*, vol. XII, p. 367. 1837. — Voyez aussi Schimper dans une *Ode die Eiszeit*, 15 févr. 1837.



celle qu'aurait produite le charriage des matériaux par des courants. Les surfaces polies occupent une grande partie de la rive nord des lacs de Neuchâtel et de Bienne et elles prouveraient que les dépressions des lacs suisses existaient alors, de même que la continuité des moraines sur les deux bords du Léman établit que son bassin est antérieur au transport des blocs.

Pendant la durée de chaque période géologique, continue M. Agassiz, la température n'a pas très sensiblement varié, mais c'est lors des perturbations qui survinrent à la surface du globe qu'il y eut un abaissement considérable de la température. Celle-ci venant à se relever ensuite, une nouvelle ère commença et de nouvelles générations se développèrent. En adoptant cette manière de voir pour les temps géologiques en général, il ne reste plus qu'à l'appliquer à une époque immédiatement antérieure au dernier soulèvement des Alpes et à l'apparition des générations actuelles. Cet abaissement de température aurait produit les immenses masses de glace qui ont dû couvrir la terre, partout où l'on trouve des blocs erratiques avec des roches polies comme celles de la Suisse. C'est sans doute ce grand froid qui a enseveli les Mammouths dans les vases glacées de la Sibérie, a congelé tous les lacs alpins et entassé les glaces et les neiges jusqu'aux cimes du Jura qui existaient avant le soulèvement des Alpes.

Par suite de ce dernier phénomène, les glaces furent brisées, leurs fragments roulèrent ou glissèrent sur les pentes, ainsi que les débris des roches soulevées, et ces mouvements eurent pour résultat l'accumulation de cailloux roulés et de sable au contact des roches qu'ils ont polies et striées par leur frottement et leur pression. Les stries et les sillons des surfaces polies durent être dirigés dans le sens de la longueur du glacier qui, étant encaissé entre les Alpes et le Jura, dut aussi se dilater et marcher dans le sens de sa plus grande pente, celle de la grande vallée de la Suisse, au nord-est.

Après le soulèvement des Alpes ou en même temps, la surface de la terre s'est de nouveau réchauffée, et cette élévation de température a fait fondre ces masses de glace qui se sont successivement retirées jusqu'à leurs limites actuelles, en laissant derrière elles, pour témoins de leurs anciennes limites, les blocs qu'elles supportaient ou qu'elles avaient poussés devant elles. Pour l'auteur, le dépôt de cailloux roulés du Rhin et le lehm qui le recouvre seraient un des premiers effets de cette retraite des glaces; les cail-

loux étant les mêmes que ceux qui accompagnent les blocs (1), et le lehm étant le produit des détritus de la mollasse. Enfin le refroidissement de la surface du globe, au lieu d'avoir été graduel, régulier et continu, aurait éprouvé des oscillations subites, ou des abaissements et des élévations rapides de température.

M. Agassiz a reproduit ces opinions à diverses reprises (2) et avec quelques additions qui n'en ont pas sensiblement modifié le fond. Ainsi, dans ses *Études sur les glaciers* (3), (p. 304), il revient sur cette idée, qu'à la fin de la période qui a précédé le soulèvement des Alpes la terre s'est couverte d'une immense nappe de glace dans laquelle les éléphants du Nord ont été ensevelis, et qui s'étendait au Sud aussi loin que les traces de débris erratiques, comblant toutes les inégalités de la surface de l'Europe, antérieures au soulèvement des Alpes. « La formation géologique la plus ré- » cente, dit-il (p. 306), qui ait été disloquée par cette cata- » strophe (le soulèvement des Alpes orientales), c'est le terrain » caillouteux connu sous le nom de *diluvium* ou de terrain dilu- » vien qui est répandu par lambeaux sur toute la surface de » l'Europe et du nord de l'Asie et de l'Amérique, et dans lequel on » trouve une si grande quantité de mammifères, etc. » Les observations de M. de Charpentier, dont nous parlerons tout à l'heure, nous éviteront d'insister sur l'erreur qu'a commise M. Agassiz, en plaçant le dépôt de transport diluvien proprement dit *avant* le soulèvement des Alpes orientales, erreur bien plus grave et plus contraire à l'évidence que celle de regarder ce même dépôt comme le produit ou la conséquence du soulèvement.

Nous dirons cependant avec M. Bronn (4) que l'influence attribuée au soulèvement des Alpes ne doit avoir été que locale et ne pouvait fondre la couche de glace de toute la zone septentrionale et tempérée. Cette influence, d'ailleurs, devait produire plutôt un

(1) Cette assertion est contredite par tout ce que nous avons vu de la composition du dépôt erratique de la vallée du Rhin, comme par la limite qu'a marquée M. Gressly entre les détritus provenant des Alpes et ceux provenant des Vosges et de la forêt Noire. Elle ne pourrait d'ailleurs s'appliquer qu'aux débris venus par les affluents du Rhin supérieur.

(2) *Bull.*, vol. IX, p. 443. 1838. — *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 328. 1840.

(3) In-8 avec atlas. Neuchâtel, 1840.

(4) *Neu. Jahrb.*, n° 1. 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 857. 1842. — *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXXIII, p. 36. 1842.

refroidissement, puisqu'elle tendait à élever le sol et par conséquent à augmenter les glaciers. Mais M. Bronn nous paraît être tombé de son côté dans une autre méprise, celle de rapporter les Mammouths de la Sibérie à la période des marnes sub-apennines soulevées par le dernier mouvement des Alpes du Valais. Notre remarque ne détruit d'ailleurs en aucune façon l'assertion tout à fait philosophique de ce savant, qui pense que dans la série des formations sédimentaires il n'y a point de distinction zoologique générale, absolue, ni de limite tranchée, car les êtres organisés ont changé continuellement et successivement. Mais revenons au travail de M. Agassiz.

L'apparition de la chaîne principale des Alpes (p. 315), en modifiant les conditions climatologiques de la Suisse, aurait aussi relevé la température et déterminé des oscillations continuelles de chaud et de froid, etc. On peut concevoir en effet que le dégagement des gaz ait élevé momentanément la température de ce point de l'Europe; cependant, par cela seul qu'il a été porté à une plus grande altitude, la température moyenne annuelle a dû être plus basse qu'avant le soulèvement, et l'épaisseur des glaciers, comme on vient de le dire, a dû augmenter. Il a donc fallu un phénomène non seulement bien plus général que le soulèvement des Alpes pour produire le résultat que suppose l'auteur, mais encore un phénomène d'un ordre précisément inverse, c'est-à-dire qui élevât d'une manière régulière la température de tout l'hémisphère nord. Il était par cela seul plus rationnel, relativement à la Suisse, de placer l'époque des glaces après le soulèvement. Une autre objection tirée d'un ordre de considérations différent contribuera encore à faire voir que toute cette partie de l'ouvrage de M. Agassiz est inadmissible au point de vue organique comme au point de vue purement physique et géologique.

M. Agassiz paraît supposer que les grands mammifères du terrain diluvien proviennent, ainsi que les matériaux du terrain lui-même, de la période antérieure au soulèvement. Sans doute il a existé une faune de grands mammifères pendant la formation tertiaire supérieure et même pendant celle qui l'a précédée, mais l'une et l'autre, comme on l'a déjà vu pour les Iles-Britanniques, la Belgique et la France, diffèrent notablement de celle dont les débris sont accumulés dans les dépôts diluviens tels que nous les envisageons ici. D'ailleurs elle se retrouve sur une grande partie de l'hémisphère nord où le terrain tertiaire manque, ou bien ne se présente qu'avec des caractères organiques sans analogie avec

ceux des dépôts de transport qui en proviendraient, suivant l'hypothèse de l'auteur. Le savant zoologiste nous fournit lui-même des arguments contre l'époque à laquelle il place ses grandes glaces lorsqu'il considère le *till*, que nous avons vu en Écosse composé de boue, de gravier, de blocs avec quelques ossements de mammifères (*antè*, p. 89), comme postérieur aux glaciers dont il ne serait point le résultat immédiat, quoique intimement lié à ce phénomène (1). Or, nous avons bien dit aussi que le *till* avait été précédé par le phénomène des stries, mais nous avons fait voir de plus que, dans les Iles-Britanniques, toute la faune des grands mammifères était également enfouie dans le diluvium plus récent non seulement que les stries et le *till*, mais encore que les dépôts coquilliers marins qui reposent dessus; donc cette faune est à plus forte raison postérieure aux marnes sub-apennines et au mouvement qui les a redressées. N'oublions pas non plus que nous avons signalé les principaux représentants de cette même faune dans les détritus erratiques qui recouvrent transgressivement le terrain tertiaire supérieur, au pied du versant méridional des Alpes.

L'auteur compare encore au *till* les détritus qui remplissent le fond de toutes les vallées alpines où les blocs furent laissés lorsque les glaciers s'étendaient jusque là. Il a constaté dans l'une d'elles des roches polies et en place, depuis le glacier de l'Aar jusqu'à Méringen, sur une distance de 20 milles, à des élévations successives de 2600, 2274 et 1950 mètres d'altitude, et même sur les bords du lac de Thun. Pour prouver que les glaciers actuels ne descendent point des sommets dans les plaines, mais qu'ils sont au contraire les restes de grandes nappes qui auraient couvert les pays plats, M. Agassiz fait remarquer la disposition inverse que présentent les moraines relativement à ce qu'elle serait si les glaciers descendaient; aussi en conclut-il que l'on doit admettre l'ancienne existence de grandes nappes de glace qui, comme celles des régions polaires, occupaient tous les pays où l'on trouve des graviers non stratifiés. Ces graviers ont été produits par la trituration qu'exerçaient les masses de glace sur les roches sous-jacentes; les moraines seraient les effets du retrait ou de la diminution des glaciers; les blocs anguleux trouvés à la surface des matériaux arrondis auraient été abandonnés dans leur position actuelle lors de la fonte des

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 328. 1840.

glaces, et la disparition de ces dernières aurait occasionné des débâcles énormes et des courants qui en mirent certaines parties à flot et qui entraînèrent dans diverses directions les blocs dont elles étaient chargées.

Objections de M. Deluc.

Le développement rapide donné à l'idée de Playfair et à ses applications dut soulever et souleva en effet beaucoup d'objections de la part des naturalistes qui ne l'avaient point adoptée. Ainsi M. J.-A. Deluc (1), après avoir décrit les roches calcaires innombrables, éparses aux environs de La Roche et jusqu'au lit de l'Arve, de même que les blocs de granite qui les accompagnent, en conclut que ces effets n'ont pas pu être produits par des glaces, et il regarde les blocs des vallées de l'Arve, du Rhône, de Chamouny et de la base orientale du Mont-Blanc comme de la même époque que ceux du Salève et du Jura (2). Il ne pense pas qu'ils aient été apportés par des glaciers, ni que les dépôts accumulés au fond de ces vallées puissent être assimilés à d'anciennes moraines, mais il croit que ces effets résultent du brisement des couches, lors du dernier soulèvement des Alpes qui a ouvert les vallées transversales par lesquelles des courants d'eau très profonds et très rapides ont porté les débris en dehors de la chaîne. Ces courants ont excavé les vallées et enfoui les ossements de grands quadrupèdes loin des lieux où ils avaient vécu. Il existe encore, suivant M. Deluc, des traces très reconnaissables de ces torrents boueux qui ont charrié de grands blocs et les ont déposés à des hauteurs de 650 mètres au-dessus du fond des vallées qu'ils parcouraient, et, sur beaucoup de points, ces blocs sont restés enveloppés de leur gangue boueuse.

Observations de MM. Studer, Godeffroy et Rendu.

M. Studer (3) avait attribué aussi le poli et les stries des roches en place aux blocs et aux graviers charriés par les masses d'eau, dans les vallées et les plaines de la Suisse. Quant aux rangées de collines qui ressemblent à des moraines, mais qui traversent les vallées à de grandes distances des glaciers actuels, ce savant les regardait comme des restes d'anciens dépôts détritiques qui ont recou-

---

(1) *Examen de la cause probable à laquelle M. de Charpentier attribue le transport des blocs erratiques de la Suisse.* (*Actes de la Soc. helv. des sc. nat.* 1837.) — *Mém. sur les roches calcaires innombrables, éparses dans les environs de La Roche.* (*Ib.*, vol. VIII, p. 149. 1838.)

(2) *Bull.*, vol., X, p. 363. 1839.

(3) *Neu. Jahrb.*, 1838, p. 273. — *Bull.*, vol. IX, p. 407. 1838.

vert autrefois la plupart des vallées et les pentes des montagnes. Mais depuis, une nouvelle étude des faits l'a ramené à l'opinion de M. Agassiz (1). Les surfaces polies, les rainures à bords arrondis, les stries fines et parallèles des environs de Zermatt, et que l'on observe jusqu'à 160 mètres au-dessus du glacier de Gorneren, lui font admettre l'extension des anciens glaciers. La grande digue ou rangée de collines, qui, sur le versant méridional des Alpes, sépare le bassin d'Ivrée de celui de Biella, s'étendant sur une longueur de 5 à 6 lieues avec une élévation de 325 mètres au-dessus de la plaine, serait une moraine gigantesque, de même que les collines des environs de Berne qui traversent la vallée de l'Aar. Ces dernières, composées de gros blocs alpins, reposent sur le gravier et le sable stratifié qui recouvrent la mollasse au fond de la vallée.

M. Godeffroy (2) rejette entièrement le transport des blocs par les glaciers, et les moraines seraient, comme on l'a vu (*antè*, vol. I, p. 271), formées par un relèvement et non par un dépôt charrié ultérieurement. Les blocs des moraines ont, dit-il, des caractères très différents de ceux des blocs erratiques qui n'ont point été usés ni émoussés comme les autres d'une manière qui leur soit propre.

Après avoir analysé le Mémoire de M. Venetz et celui de M. de Charpentier, M. Rendu (3) s'est attaché à réfuter l'hypothèse d'une plus grande élévation de la chaîne, qui aurait occasionné l'augmentation des glaciers, puis son abaissement successif, leur retrait, par le retour d'une température plus douce. La température moyenne de + 6° à laquelle se maintiennent les glaciers n'est pas le seul élément de leur persistance, et leur extension est due surtout à la quantité de glace fournie par les *glaciers réservoirs* (*antè*, vol. I, p. 141). Ainsi tel glacier s'arrête à une température de + 3°, tel autre à celle de + 5°, et ils pourraient descendre encore beaucoup plus bas en supposant des glaciers-réservoirs plus étendus. Sans vouloir justifier l'hypothèse de M. de Charpentier, on doit remarquer que l'observation du savant évêque de Chambéry pourrait

---

(1) *Neu. Jahrb.*, 1840, p. 208. — *Ib.*, 1841, p. 677. — *Bull.*, vol. XI, p. 49. 1840.

(2) *Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes*, in-8. Paris, Genève, 1840. — *Neu. Jahrb.*, 1839, p 177-182.

(3) *Théorie des glaciers de la Savoie*, p. 95, in-8. Chambéry, 1840.

modifier les chiffres donnés, mais qu'elle ne détruirait pas le fond du raisonnement.

M. Rendu décrit ensuite les anciennes moraines du glacier de Rossboden, près du village du Simplon (p. 106), et cherche la solution du double problème posé par M. Godeffroy, et que ce dernier croyait avoir résolu, savoir : la diminution des glaciers par le bas et leur augmentation par le haut; mais l'auteur l'explique à son tour par des phénomènes qui semblent peu en rapport avec la grandeur des résultats, et qui d'ailleurs ne rendent pas compte de l'augmentation des glaces dans les hautes régions. Quant à la diminution des glaciers depuis les temps anciens, elle aurait eu pour cause des changements survenus dans la forme des vallées ou des couloirs que parcourent les glaciers, tantôt obstrués par des accumulations de roches, tantôt s'ouvrant, au contraire, par la rupture de quelque barrière ou par l'élargissement de quelque passage. En essayant d'évaluer l'ancienneté de l'état de choses actuel par la formation des moraines inférieures, M. Rendu arrive à prouver que, nulle part dans les Alpes, les moraines des glaciers modernes ne remontent au-delà de l'époque historique. Nous avons dit aussi (*antè*, p. 229) que M. Necker n'attribuait pas le transport des blocs erratiques à d'anciens glaciers, et qu'il ne regardait pas les amas de débris dans les vallées comme étant leurs moraines.

Cependant les objections faites à la théorie sur quelques uns de ses points les plus vulnérables n'empêchaient pas ses défenseurs d'accumuler de nouvelles observations pour l'appuyer, et leurs recherches témoignent de leur zèle et de leur activité si elles ne prouvent pas toujours une justesse parfaite dans la direction qu'ils leur ont donnée. Parmi ces travaux, l'un des plus remarquables est, sans aucun doute, l'*Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône* (1), par M. de Charpentier.

(P. 115.) L'auteur appelle *terrain erratique*, dénomination à laquelle nous substituons celle de *formation erratique*, le gravier, le sable, le limon et les véritables blocs erratiques, sans avoir égard 2e Mémoire de M. de Charpentier.

(1) In-8. Lausanne, 1841. — Voyez aussi : *Critique relative à l'Essai sur les glaciers*, etc. (*Bibl. univ. de Genève*, févr. 1842.) — On remarquera ici quelques répétitions du premier mémoire de l'auteur, mais nous avons dû les reproduire pour l'intelligence complète du sujet.

au volume ni au nombre des fragments que l'on rencontre à des distances plus ou moins grandes des montagnes dont ils ont été détachés, et dont le mode de transport n'est pas encore bien connu. Cette formation se distingue des dépôts diluviens et alluviens, 1° parce que les débris qui la constituent ne diminuent pas de volume à mesure qu'on s'éloigne des montagnes d'où ils proviennent, comme cela a lieu pour les matériaux que les eaux charrient; 2° parce que beaucoup de fragments erratiques, quoique transportés très loin, ont encore leurs angles vifs et leurs arêtes tranchantes, ce qui ne s'observe pas pour ceux que les eaux ont déplacés; 3° parce que les dépôts erratiques sont rarement stratifiés, tandis que les autres le sont presque toujours.

(P. 119.) La formation erratique déposée pendant l'époque quaternaire a commencé peu après le dernier soulèvement des Alpes et a continué jusqu'à la fin des dépôts diluviens, d'où il résulte qu'elle est superposée non seulement à tout ce qui est antérieur au diluvium, mais souvent encore à ce dernier lui-même (1). Les débris qui la constituent, dans la plus grande partie de la Suisse occidentale, proviennent des roches qui se trouvent toutes en place dans la grande vallée du Rhône et dans celles de ses affluents. Le gypse seulement, à cause de sa facile destruction, ne s'y montre point. Les fragments provenant du Jura y sont en petit nombre, et encore ne les trouve-t-on qu'au pied même de cette chaîne. Ainsi tout prouve que le transport s'est opéré du S. au N., ou des Alpes au

(1) On doit regretter que M. de Charpentier n'ait pas cherché à faire accorder les dénominations qu'il emploie de *terrain erratique*, *terrain diluvien* et *terrain alluvien*, avec celles dont se sont servis d'autres géologues avant lui, ou bien qu'il n'ait pas plus complétement défini les deux dernières; car cette circonstance, jointe à l'enchevêtrement qu'il signale entre ces divers dépôts, jette une certaine obscurité dans ses descriptions. Ainsi, faute d'avoir précisé la position des détritus erratiques ou de la formation erratique par rapport au dépôt qui renferme des ossements de mammifères quaternaires et qui est probablement ce qu'il nomme *diluvium*, l'époque même des grandes glaces reste incertaine, et, si l'observation de M. Studer, que nous avons rapportée plus haut, se généralisait dans la région des Alpes, il en résulterait cette anomalie très remarquable, que le phénomène erratique alpin serait *postérieur* à la destruction de la faune quaternaire, au lieu d'avoir précédé l'existence de cette même faune comme dans les autres pays. On ne peut pas d'ailleurs admettre leur contemporanéité et l'on doit attendre le résultat de recherches plus minutieuses encore pour se prononcer définitivement sur un fait aussi important.

Jura. Les fragments sont ou plus ou moins arrondis ou à arêtes vives; mais, en général, les premiers dominent, contrairement à ce qu'avait avancé M. Agassiz (1), excepté cependant pour les gros blocs, qui sont ordinairement mieux conservés que les petits.

Les granites et le gneiss forment généralement les blocs les plus volumineux, quoiqu'il y ait près de Devens un bloc calcaire de 161000 pieds cubes avec ses arêtes et ses angles peu émoussés. Un bloc de granite, situé sur la montagne calcaire près d'Orsières, a plus de 100000 pieds cubes. Au-dessus de Monthey, beaucoup de blocs venant de la vallée de Ferret et ayant ainsi parcouru une distance d'au moins 11 lieues, ont depuis 8000 jusqu'à 50000 et 60000 pieds cubes. Le nombre des gros blocs diminue d'ailleurs tous les jours par suite de leur exploitation.

Les fragments de roche n'ont éprouvé aucun triage en rapport avec leur volume, et ils ne diminuent pas de grosseur en raison de l'éloignement où ils se trouvent du lieu de leur origine. Ainsi les blocs de granite talqueux de Steinhof, près de Seeberg, dont un de 61000 pieds cubes a ses arêtes parfaitement conservées, ont fait un chemin d'environ 60 lieues. La *Pierre à Bot*, au-dessus de Neuchâtel, granite à petit grain passant au gneiss et qui a 40000 pieds cubes, a dû parcourir 22 lieues pour venir de l'arête de Follaterres, au nord de Martigny. La *pierre* de Milliet, granite à gros grains de la vallée de Ferret qui a 12500 pieds cubes, aurait fait 23 lieues. Ces blocs énormes se trouvent tous sur la limite de la formation erratique.

Dépôts éparpillés, accumulés et stratifiés.

M. de Charpentier distingue dans cette formation les *dépôts éparpillés*, les *dépôts accumulés* et les *dépôts stratifiés*. Dans les premiers, qui sont les plus fréquents, les fragments de roche sont répandus à la surface du sol et plus ou moins espacés. Lorsqu'ils sont recouverts par le diluvium, on ne les distingue que par la conservation des angles et des arêtes, et par leur volume, hors de proportion avec celui des matériaux placés au-dessus d'eux. Cette circonstance s'observe surtout dans les ravins qui sillonnent le plateau diluvien, entre le lac Léman et le Jura. Les dépôts accumulés offrent exactement la même configuration et les mêmes accidents que les moraines, c'est-à-dire qu'ils sont allongés en forme de digue, ou bien constituent des monticules coniques et isolés. L'intérieur montre aussi jusque dans ses moindres détails les caractères

(1) Lettre adressée à *l'Institut* le 2 oct. 1837.

des moraines. C'est un assemblage confus de fragments de toutes les dimensions, de blocs de plusieurs milliers de pieds cubes, confondus pêle-mêle et entourés de sable, de gravier et de limon, de débris anguleux et intacts, associés à des fragments arrondis et frottés. Les dépôts accumulés sont très communs dans la grande vallée du Rhône et les vallées latérales. Ils forment des bandes ou digues sur les flancs des montagnes, sur le plateau du Jorat et même aux environs de Lausanne ; mais, plus au nord, on n'en trouve plus dans les plaines de la Basse-Suisse. Les dépôts stratifiés ne constituent que des couches épaisses, peu étendues et se terminant en coin. Ils ont tous les caractères du *diluvium glaciaire* déjà décrit (*antè*, vol. I, p. 272). Ils se rencontrent à l'entrée de la plupart des petites vallées qui aboutissent à celle du Rhône ou aux grandes vallées latérales. Quelquefois ces débris sont cimentés par une infiltration calcaire, et produisent alors une brèche caverneuse assez solide.

Amas formés d'une seule espèce de roche. Il existe encore des amas de blocs formés par une seule espèce de roche, tantôt éparpillés, tantôt en digues, en bandes ou en monticules. Tel est celui de Monthey, dans le bas Valais, placé à 400 pieds au-dessus du Rhône. Il forme une bande de gros blocs de granite à grands cristaux, qui repose sur le lias, et dont la largeur varie de 300 à 800 pieds sur une longueur d'un quart de lieue. Tous ces fragments viennent de la haute chaîne qui borde la vallée de Ferret, au nord et au nord-ouest, à une distance d'au moins 11 lieues. Un grand nombre des plus gros blocs des Alpes appartiennent à ces sortes d'amas. On peut citer entre autres la *Pierre du Trésor*, qui a plus de 100000 pieds cubes, et qui fait partie d'une accumulation considérable de granite à grands cristaux, située au sud-sud-ouest d'Orsières et à 2733 pieds au-dessus du fond de la vallée de Ferret. On remarque que les fragments qui composent ces dépôts d'une seule espèce de roche sont toujours mieux conservés que les autres. Enfin M. de Charpentier insiste sur la position de certains blocs qui, comme la *Pierre à Bot*, se maintiennent en équilibre sur la plus petite de leurs faces.

Distribution des détritus erratiques. Toutes les vallées un peu considérables qui aboutissent à celle du Rhône ont contribué à composer la formation erratique; mais, dans beaucoup de cas, on ne trouve pas de débris sur les flancs des montagnes opposés à l'entrée de ces mêmes vallées. Les roches n'ont point traversé la vallée du Rhône; elles ont tourné en y entrant, et se sont arrêtées sur les flancs, à des hauteurs de 2000 pieds

au-dessus du courant. Si l'on considère l'élévation qu'atteignent ces amas détritiques, on voit que, vers le haut de la vallée du Rhône et des grandes vallées latérales, ils se confondent avec les produits des glaciers actuels, et leur limite ne devient guère distincte qu'à 2800 pieds au-dessus du fleuve. Au-dessous de Martigny, où la vallée se resserre un peu, la limite atteint 3000 pieds; elle s'abaisse au-dessous de Saint-Maurice à 2300, pour se relever au-dessus de Vevay à 2610, tandis qu'aux rochers de Mimeri, sur la rive gauche, elle n'est qu'à 2000 pieds, et atteint le niveau du lac au-delà de Thonon.

Quant au Jura, la limite des blocs décrit une courbe dont le sommet se trouve en face de la vallée du Rhône, sur le flanc sud du Chasseron, à 3100 pieds (de Buch) au-dessus de la plaine, et dont les extrémités sont l'une à l'est, du côté de Soleure, et l'autre à l'ouest, près de Gex. Sur ce dernier côté, après avoir atteint 2000 pieds au-dessous de la Dôle, la limite descend rapidement vers la plaine du pays de Gex, où elle est effacée par le mélange des débris erratiques et du diluvium, qui longe le pied du Jura, depuis le lac de Neuchâtel jusqu'au fort de l'Écluse (1).

Sur ces limites, la formation erratique se termine par une digue ou bande, par un dépôt éparpillé, par un mélange avec des débris évidemment déposés par les glaciers, ou enfin par un mélange avec le diluvium. Vers sa partie supérieure, dans le voisinage des glaciers actuels, comme à sa partie inférieure, là où elle se confond avec le diluvium, la limite devient difficile à tracer.

Le Valais est de toutes les vallées de la Suisse celle qui a fourni le plus de débris erratiques, et celle dont les débris sont épars

---

(1) M. Itier (a) a remarqué qu'il y avait entre la plupart des blocs qui sont à l'est du fort de l'Écluse, c'est-à-dire qui n'ont pas franchi la gorge, et ceux qui sont au-delà, sous le rapport des dimensions et de l'état de conservation des angles, des différences telles, qu'on ne saurait les expliquer qu'en admettant deux modes de transport distincts. Les premiers, d'un volume très considérable et à angles vifs, faisaient partie, avant l'ouverture de la gorge, de la rangée de blocs de 8000 mètres de long sur 1200 de large, qui règne depuis Chevrier jusqu'à Sauvigny, sur le flanc nord-ouest du Vouache, et qui offre la réunion de la plupart des roches du Valais; les seconds, qui ont dépassé le fort de l'Écluse, sont beaucoup moins gros et leurs angles émoussés annoncent un transport par les eaux.

a) *Bull.*, vol. XIV, p. 231. 1843.

sur une plus grande surface; mais ils y sont distribués d'une manière fort inégale. Les surfaces polies ou frottées que l'on observe depuis le fond des vallées jusqu'à la limite de la formation erratique sont plus étendues et plus prononcées à mesure qu'on s'approche du faîte des hautes chaînes. On en trouve aussi sur le revers méridional du Jura, où elles sont connues sous le nom de *laves* ou *lapias* (1). Il y en a peu dans la Basse-Suisse, à cause de la nature des roches, qui n'a pas permis leur conservation. Enfin il existe quelques traces verticales dues à la chute des eaux.

Hypothèses diverses sur la formation des dépôts erratiques.

Passant à l'examen des diverses hypothèses émises sur le mode de formation de ces dépôts, M. de Charpentier fait voir d'abord que le plan incliné continu, supposé par Dolomieu et Ebel après le soulèvement de la chaîne, et sur lequel les débris auraient glissé jusqu'aux points où on les trouve aujourd'hui, n'aurait eu que 1°,8', 50" de pente, ce qui était tout à fait insuffisant pour le glissement de blocs de plusieurs milliers de pieds cubes. En outre, les vallées des Alpes étant toutes formées par la rupture des couches au moment du soulèvement, l'existence du plan incliné est par cela

(1) M. Agassiz (*a*) a fait connaître qu'il existait des moraines sur les plus hautes sommités du Jura. Les blocs sont usés de la même manière que ceux des moraines des Alpes et proviennent d'une époque où le Jura avait ses glaciers propres. On les observe au pied de la dent de Vaulion, du côté du lac de Joux, près de la jonction des routes de Vallorche et de la Côte. M. Guyot (*b*) a constaté les mêmes faits et indiqué des détritus erratiques de même origine aux environs de Saint-Cergues, de Gerizins, etc., et la vallée de la Valserine serait occupée par un dépôt erratique exclusivement d'origine jurassique et qui joint celui des Alpes près de Bellegarde. Ainsi MM. Pidancet et Lory (*c*) ne pouvaient pas prétendre qu'ils étaient les premiers à signaler les traces d'un phénomène erratique propre au Jura lui-même, et M. Favre (*d*) a parfaitement établi le droit de priorité de MM. Agassiz, Guyot, Lardy et Venetz. La découverte de surfaces polies et striées dans les Rousses et le Grand-Vaux confirme seulement les conséquences déduites de la présence d'anciennes moraines; mais en outre MM. Pidancet et Lory pensent que la limite inférieure du phénomène erratique dans cette partie du Jura peut être estimée à 840 mètres d'altitude; plus bas les amas de blocs et de cailloux ne présentent point de poli ni de stries; ils sont évidemment remaniés par les eaux.

(*a*) *Études sur les glaciers*, p. 299. — *Actes de la Soc. helvét. des sc. nat.*, p. 284. Lausanne, 1843.
(*b*) *Soc. helv. des sc. nat.*, 25 juillet 1845.
(*c*) *Compt. rend.*, vol. XXV, p. 718 1847.
(*d*) *Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 65. 1847.



même inadmissible. Le transport par les glaces, comme sur des radeaux, soit que les glaces aient flotté sur une masse d'eau, soit qu'elles aient été entraînées par des courants se précipitant du faîte de la chaîne, ne peut pas être admis, non plus que les assertions avancées par M. Darwin (1) relativement à la Suisse. L'hypothèse des éruptions gazeuses proposée par Deluc a déjà été réfutée par M. de Buch (2); reste donc celle des courants, le plus généralement admise, quoique avec des explications différentes. Ainsi de Saussure attribuait ces courants à une retraite subite de l'Océan; M. de Buch (3) admet les effets, mais non la cause assignée par son illustre prédécesseur, et il regarde avec M. Brochant (4) les blocs erratiques provenant des Alpes et trouvés sur le Jura comme ayant été poussés par un torrent d'eau analogue aux torrents actuels, mais beaucoup plus considérable. M. Escher de la Linth (5) adopte aussi l'idée des courants, en supposant des lacs élevés dont les barrières auraient été rompues, tandis que M. Élie de Beaumont (6) voit la principale cause de ces mêmes courants dans la fonte soudaine des glaciers, qui, lors du soulèvement de la chaîne principale des Alpes, couvraient les montagnes déjà existantes.

M. de Charpentier s'attache à démontrer ensuite qu'il n'y a pas en réalité une seule des hypothèses basées sur les courants d'eau, quelle que soit d'ailleurs la cause de ceux-ci, qui puisse expliquer d'une manière satisfaisante le phénomène erratique. La débâcle de Bagnes, si souvent citée en faveur de l'action des courants, prouve au contraire qu'une masse d'eau en mouvement dépose ses gros matériaux aussitôt que son cours s'élargit; or, rien de semblable ne s'observe dans la formation erratique de cette partie de la Suisse. De plus, quelle qu'ait été la vitesse du courant, les fragments qu'il charriait se seraient toujours déposés dans un certain ordre par rapport à leur volume et à leur densité, les plus gros s'arrêtant le plus près du point de départ et les moindres vers la limite extrême du dépôt.

On a estimé à 175 pieds (de la Linth) et à 354 pieds (de Buch)

---

(1) *Journ. and remarks*, etc. Londres, 1839.
(2) *Mém. de l'Acad. de Berlin.*
(3) *Soc. des sc. de Berlin*, 31 oct. 1811.
(4) *Ann. de chim. et de physique*, vol. X, p. 241. 1819.
(5) *Nouvelle Alpina*, vol. I.
(6) *Essai sur quelques unes des révolutions de la surface du globe*, p. 285.

par seconde la vitesse du courant qui aurait charrié les blocs, et cependant le choc de pareilles masses, mues avec une semblable vitesse, n'a laissé aucune trace contre les roches du Jura ! M. Studer (1) pense que cette vitesse est d'ailleurs incompatible avec la consistance épaisse et boueuse que l'on suppose à ces courants pour qu'ils aient pu transporter des blocs de granite, et l'auteur ajoute que c'est une erreur de croire que les gros blocs peuvent se maintenir sur des courants boueux et flotter en quelque sorte à la surface. Il y a là une illusion qui résulte de ce que ces blocs sont supportés par d'autres débris sur lesquels ils sont poussés et s'avancent comme sur des rouleaux; dès que cet appui manque ils tombent et s'enfoncent.

Après avoir examiné aussi le plan incliné de glace proposé par M. Agassiz et par M. Schimper, M. de Charpentier ne peut admettre que le refroidissement dont parle le premier de ces naturalistes soit antérieur au soulèvement des Alpes. Il croit au contraire qu'il est plus récent, et il démontre l'impossibilité du mode de formation de la nappe de glace dont la pente, comme celle du plan incliné de Dolomieu, aurait été trop faible pour produire l'effet demandé. En outre, les débris partant de divers points des Alpes auraient dû suivre la ligne de plus grande pente pour se rendre vers le Jura, ce qui n'a point été observé. M. Agassiz explique aussi les surfaces polies par un mouvement de la nappe de glace qu'il compare à celui des glaciers, et pour lequel il admet la même cause; mais il y a ici contradiction, puisqu'il assigne pour cause à la formation de cette glace la congélation des lacs, des eaux courantes et de la pluie, ce qui exclut toute idée de glacier proprement dit, une masse d'eau congelée ne pouvant jamais prendre cette forme.

En supposant que le climat chaud qui avait régné jusqu'au dernier soulèvement des Alpes fût changé en un climat froid et humide, les glaciers durent descendre successivement du sommet des Alpes dans les vallées latérales et jusque dans la grande vallée principale, où ils se réunirent pour déboucher dans le bassin de la Basse-Suisse. Le retour de la chaleur les ayant fondus et réduits peu à peu à leurs limites actuelles, les débris de roches, qu'ils ont dû transporter à la manière des glaciers d'aujourd'hui, constituent la formation erratique et témoignent de leur ancienne existence, conclusion

(1) *Monographie de la mollasse*, p. 209.

conforme à celle de M. Agassiz, et à laquelle M. de Charpentier est encore amené par la comparaison attentive des produits des anciens glaciers avec ceux de l'époque moderne. Si l'on part de cette donnée, qu'en 1818 le glacier du Rhône s'avança de 150 pieds, on trouve qu'en suivant la même proportion il n'aurait mis que 774 ans pour s'étendre du fond du Valais à Soleure, et, malgré l'incertitude d'une pareille base, on voit cependant qu'il ne faudrait pas un temps excessivement long pour que les anciens glaciers aient pu prendre un développement qui répondît à l'exigence des faits.

Les rapports intimes qui existent entre la formation erratique et la configuration actuelle du sol prouvent encore que le transport des débris a eu lieu depuis le soulèvement de la chaîne principale des Alpes. Ainsi c'est après cette grande catastrophe que dut survenir cette longue suite d'années froides et pluvieuses qui occasionnèrent les grands glaciers, et quant à l'hypothèse présentée dans son premier Mémoire, que les Alpes avaient dû être beaucoup plus élevées qu'elles ne le sont actuellement, l'auteur en reconnaît toute l'insuffisance et y substitue la suivante. Lors du soulèvement des Alpes orientales, il se forma partout des fentes et des crevasses dont les unes se refermèrent par suite du tassement, ou bien furent remplies par des dépôts postérieurs, et les autres plus larges, restées ouvertes par en haut, formèrent les vallées. Une masse considérable d'eau pluviale, fluviale, lacustre ou marine, pénétra dans ces profondes crevasses, et atteignant des points où la température propre était capable de la réduire en vapeur, celle-ci dut remonter, se condenser dans l'atmosphère et se précipiter en pluie ou en neige. Ces vapeurs, d'abord très chaudes, se refroidirent peu à peu, et les alternatives de vaporisation et de condensation subsistèrent tant qu'il y eut communication entre l'extérieur et l'intérieur de l'écorce terrestre; et, d'après l'étendue de la surface que le soulèvement a affecté, M. de Charpentier pense qu'il a fallu un temps considérable pour intercepter la communication. Les vapeurs augmentant beaucoup l'humidité de l'air se convertissaient en brouillards et en nuages, diminuaient l'action calorifique du soleil et abaissaient la température depuis le 22° lat. N. jusqu'aux latitudes boréales. A ce changement de climat et à la catastrophe qui l'occasionna doit être attribuée l'extinction des êtres qui avaient vécu jusque là sur la terre. A mesure que les crevasses se refermèrent, la cause du refroidissement de l'écorce terrestre s'affaiblit,

2e Hypothèse de M. de Charpentier.

par la diminution des vapeurs, et le réchauffement de la surface et de l'atmosphère, par l'action plus directe des rayons solaires qui n'étaient plus interceptés, recommença, sans que cependant la température pût atteindre son élévation antérieure.

Entre autres objections que l'on pourrait faire à cette seconde hypothèse de M. de Charpentier, nous pensons que celle que nous avons faite à la première lui est également applicable, c'est-à-dire que le phénomène erratique n'étant point particulier aux Alpes, mais s'étendant sur de grandes portions du globe avec des caractères comparables et sans affecter de direction propre, car sur chaque point il s'est manifesté d'une manière indépendante, quoique peut-être synchronique, on ne comprend pas qu'un résultat aussi général puisse être dû à un accident local, car nous ne sachions pas que nulle part on ait pu rattacher la formation des stries et des surfaces polies, etc., à un système de dislocation en rapport avec le soulèvement des Alpes qui n'est, suivant nous, pour rien dans des effets dont il faut absolument chercher la cause ailleurs (1).

Les causes astronomiques qui pourraient produire du froid ne contribueraient pas à former des glaciers, parce qu'elles n'augmenteraient point l'humidité nécessaire à leur développement, et l'on ne voit pas pourquoi, dit avec raison le savant géologue suisse, ces phénomènes seraient arrivés précisément après chacun des cataclysmes qui ont donné lieu à des soulèvements de montagnes sur une grande étendue de la terre.

Depuis le dernier soulèvement des Alpes, les glaciers ont modifié la configuration du sol des vallées et de la plaine entre cette chaîne et celle du Jura, et ils ont donné lieu aux dépôts que l'auteur nomme *terrain diluvien* et *terrain erratique.* Pendant la première phase de ce qu'il appelle *période diluvienne* le sol des vallées fut en quelque sorte ébauché et rendu susceptible de prendre ses formes actuelles; celui de la plaine, entre les deux chaînes, fut plus ou moins nivelé, et il se produisit des dépôts diluviens composés principalement des débris de roches amenés des parties situées au-dessous des grands lacs.

La seconde phase commença par la formation des glaciers et par la dispersion des blocs erratiques. Les débris de roches dont les glaciers furent bientôt jonchés furent les éléments de la formation

(1) M. Renoir a réfuté en partie cette hypothèse (*Bull.*, vol. XI, p. 149. 1840).

erratique ; il se produisit des moraines, des bandes ou traînées et des *dépôts glaciaires*. Les débris qui restèrent sur les glaciers jusqu'au moment de leur fonte donnèrent lieu à des dépôts éparpillés, et ceux enfin qui furent entraînés par les torrents formèrent de nouvelles couches de diluvium. Les glaciers parvenus à leur plus grande extension déposèrent sur les flancs des montagnes les moraines situées le plus haut, et dans la Basse-Suisse les plus éloignées d'entre elles tracèrent les limites de la formation erratique proprement dite. Les eaux qui s'échappaient de ces glaciers s'écoulaient du bassin de la Basse-Suisse en formant deux rivières, dont l'une, qui se dirigeait au N.-E. le long du Jura, se jetait dans le Rhin en ravinant le lehm, résultat de la dégradation de la mollasse, qui avait commencé dès les premiers temps de la période diluvienne, et dont l'autre en coulant au S.-O. se réunissait au Rhône.

Enfin la fusion des glaces détermina la troisième et dernière phase de la période diluvienne. Les débris erratiques s'accumulèrent sur l'emplacement même qu'avaient occupé les glaciers et en amont des grands lacs, mais ne se prolongèrent plus au-delà (1).

Si, avant de continuer l'énumération des travaux dont les Alpes ont été l'objet, nous nous arrêtons un moment à considérer cette succession de phénomènes invoqués par l'auteur, nous verrons d'abord qu'elle ne s'accorde pas tout à fait avec son hypothèse, qui consistait à faire suivre immédiatement le soulèvement des Alpes par le refroidissement qui a occasionné les grands glaciers, tandis qu'à présent ces glaciers ne seraient venus qu'après le dépôt d'un premier diluvium dont il n'avait pas encore été question; ensuite si c'est dans ce premier diluvium, antérieur au phénomène erratique, qu'ont été ensevelis les débris de la faune quaternaire, comme paraît le penser M. Studer, ce même dépôt n'aurait donc pas non plus suivi immédiatement le soulèvement de la chaîne, car il a fallu un certain temps pour que cette faune se développât. Voilà donc les grands glaciers bien éloignés du soulèvement des Alpes, *avant* lequel M. Agassiz les plaçait et dont ils étaient au contraire une conséquence immédiate pour M. de Charpentier. En Suisse la faune quaternaire paraît avoir été peu riche en individus et en espèces, et, de plus, la position relative des détritus qui renferment les

Réflexions sur l'âge du phénomène erratique des Alpes.

(1) Voyez aussi Engelhard, *Note sur les collines de la rive gauche du Rhône dans le Valais*. (*Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, 15 mars 1836. — *L'Institut*, 10 août 1836.)

ossements de grands mammifères (*Elephas primigenius*, *Ursus spelæus*, *Bos priscus*, *Cervus eurycerus* ou *megaceros*, peut-être *C. alces fossilis* H. V. M.), avec la formation erratique proprement dite, laisse encore beaucoup d'incertitude, n'ayant été déterminée que sur un petit nombre de points.

Cependant, s'il était démontré, ainsi que nous l'avons déjà fait pressentir (*antè*, p. 248, *nota*), que le phénomène erratique des Alpes est postérieur au dépôt du lehm de la vallée du Rhin, lequel est lui-même plus récent que les cailloux roulés qu'il recouvre ; comme ces derniers, dans tout l'ouest de l'Europe, sont caractérisés par la faune des grands mammifères propres à l'époque quaternaire, il serait également démontré que le phénomène erratique des Alpes est plus récent qu'aucun de ceux du même genre que nous connaissons, qu'il a été séparé du phénomène des stries et des surfaces polies d'une grande partie de l'hémisphère boréal, par tout le temps qu'a vécu la faune quaternaire, tant marine que terrestre, et qu'il reste ainsi, du moins jusqu'à présent, comme un fait à part dans l'histoire des dernières modifications de la surface du globe.

Bassin du Rhône supérieur.

M. Blanchet (1) a traité des blocs et des cailloux du canton de Vaud, et il a cherché quelle avait pu être la marche croissante et décroissante de l'ancien glacier du Rhône, auquel est attribué le transport de ces débris. Le même observateur (2) admet aussi, dans le bassin du Léman, des traces de deux périodes qu'il paraît rapporter ensuite à un seul phénomène. Celles de la première sont les débris situés à une élévation de 1000 mètres au-dessus du lac, les roches polies, les moraines, des dépôts non stratifiés, et le mélange de gravier, de blocs et de sable. Dans beaucoup d'endroits, surtout vers les points élevés, il ne reste plus que des blocs épars, les petits débris ayant été entraînés par les eaux. Les témoins de la seconde période, sous forme de dépôts étagés, s'observent depuis les bords du lac jusqu'à 210 mètres d'élévation. Ce sont des lits alternatifs de gravier, de sable et de limon, et sur les bords, des blocs de toutes les grosseurs. Les fragments que l'on trouve à l'intérieur sont arrondis et anguleux ; ils sont striés et polis comme

(1) *Essai sur l'histoire naturelle des environs de Vevay*, in-8. Lausanne, 1843.

(2) *Terrain erratique alluvien du bassin du Léman*, etc. Lausanne, 1844, une carte.

ceux des moraines actuelles. Ces dépôts ne se voient que dans le voisinage des ruisseaux et des torrents, et leur étendue est toujours proportionnelle à l'importance du cours d'eau qui les avoisine. Au Signal de Bougy, à l'ouest d'Aubonne, leur plus grande épaisseur est de 150 mètres. Ils seraient dus aux torrents que barrait le grand glacier qui est supposé avoir occupé l'emplacement du lac de Genève.

On doit regretter que M. Blanchet ne se soit pas prononcé plus explicitement sur les rapports ou les différences de sa manière de voir avec celles des géologues qui ont décrit avant lui et plus en détail les mêmes dépôts détritiques du bassin du Léman ; il conclut d'ailleurs de ses observations : 1° que l'hypothèse seule des anciens glaciers peut expliquer la distribution et la nature de ces dépôts, ainsi que le transport des blocs erratiques ; 2° que le relief du pays a peu changé depuis le dernier soulèvement qui a relevé en même temps les Alpes et la mollasse ; 3° qu'il n'existe pas de terrain diluvien indépendant du phénomène erratique. Ainsi la seconde de ces conclusions ferait rapporter la mollasse au terrain tertiaire supérieur, et la troisième se trouve contredite par les observations de MM. Escher, Studer et de Charpentier.

Mais, parmi les naturalistes qui se sont le plus occupés de cette question, nous devons distinguer surtout M. A. Guyot, qui, en se dévouant avec une persévérance et une sagacité bien rares à la recherche de la vérité, nous paraît avoir pris la route la plus sûre pour y arriver. La tâche qu'il s'était imposée était la plus pénible, la plus longue, et, disons-le, la plus ingrate, et il fallait une foi bien vive dans le résultat pour consacrer autant d'années et de courses laborieuses à examiner, pour ainsi dire, chaque bloc et chaque caillou du bassin du Rhône et de la grande vallée de la Suisse jusqu'au Rhin. Après avoir interrogé ces muets témoins d'un phénomène depuis longtemps accompli, M. Guyot a suivi pas à pas leurs traces, en remontant les vallées par lesquelles ils étaient descendus, et, parvenu de proche en proche aux cimes élevées qui entourent le Mont-Blanc, le Mont-Rose et le Saint-Gothard, il a pu étiqueter sur place chacun de ces innombrables fragments de roche qu'il avait recueillis dans les plaines à 20, 30 et même 60 lieues de distance de leur point de départ.

Dans une première communication (1), l'auteur a traité des débris erratiques compris entre les Alpes et le Jura ; mais la

(1) *Bull. de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel*, n° 2. 1843.

plupart des faits cités se retrouvant dans sa *Note sur la distribution des espèces de roches dans le bassin erratique du Rhône* (1), nous passerons à l'exposé de ce travail, après avoir rappelé toutefois qu'entre Berne, Neuchâtel et Chambéry, il distingue trois régions de roches erratiques : celle du Rhône, celle de l'Arve et celle de l'Isère. Le bassin du Rhône est de beaucoup le plus considérable, occupant la plaine jusqu'au Mont-de-Sion; puis vient celui de l'Isère, et enfin le bassin de l'Arve, situé entre les précédents, et qui est peu étendu. La répartition des espèces de roches erratiques dans l'intérieur de chaque bassin est soumise à une loi constante pour les plaines comme pour les vallées, et, de plus, cette loi est la même pour tous les bassins.

Les roches que M. Guyot regarde comme caractéristiques du *bassin erratique du Rhône* (2) sont une espèce de granite ou syénite talqueuse (granite talqueux de M. de Charpentier, roche à sphène de M. de Buch) ou *arkésine* de Jurine, un gneiss très feldspathique avec chlorite, ou *gneiss chloriteux* et des *chlorites*. Ces trois espèces, constamment ensemble dans toute l'étendue du bassin du Rhône, forment un groupe désigné sous le nom de *roches pennines*, parce qu'elles ont leur gisement primitif dans les plus hautes sommités des Alpes de ce nom, telles que la Dent-Blanche, la Dent-d'Erin et la vallée de Bagnes. A ce groupe peut être réuni celui des *roches du Mont-Rose*, également composé de trois espèces, les *euphotides* de la vallée de Saas, les *éclogites* de la même localité et les *serpentines* compactes et schisteuses du massif du Mont-Rose. Les débris de ces deux groupes de roches représentent dans la plaine la grande chaîne centrale ou pennine.

Les suivantes y représentent les massifs latéraux du Mont-Blanc et de l'Oberland bernois. Ce sont les *granites* qui forment des blocs énormes épars sur les pentes du Jura, et que l'on a souvent regardés, mais à tort, comme la roche principale et la plus caractéristique du bassin du Rhône. Ces granites comprennent la *protogine* de la chaîne du Mont-Blanc, avec ses variétés des aiguilles

(1) *Ibid.* 1847.

(2) L'auteur entend par *bassin erratique* toute la surface sur laquelle se sont étendus les débris des roches qui ont débouché par une même vallée principale. Pour le bassin erratique du Rhône cette surface est beaucoup plus considérable que le bassin hydrographique actuel de ce fleuve, qui est limité au nord par le rivage du lac de Genève.



de Chamouny et du val Ferret, puis les granites qui, provenant du glacier du Rhône et du massif de l'Oberland bernois, descendent par les glaciers de Viesch et d'Aletsch et suivent le côté droit du Valais. Les *poudingues de Valorsine* sont encore une des roches particulières du bassin du Rhône. Outre la vallée de Valorsine, on les trouve en place sur la rive droite du fleuve, au-dessus d'Outre-Rhône, près de la Dent de Morcles et à la montagne de Foully. C'est de ce dernier côté que paraissent venir la plupart des blocs nombreux trouvés dans le dépôt erratique du bassin du Rhône que caractérise encore l'extrême abondance, dans toute son étendue, de galets de quartz jaunâtre de toutes les grosseurs.

La répartition de ces espèces dans la plaine suisse n'est point accidentelle ni l'effet du hasard. « Telle espèce abonde dans une ré-
» gion du bassin et ne se trouve que rarement ou pas du tout dans
» une autre. Les blocs de diverses espèces, à partir du lieu de leur
» origine, tendent à former des séries parallèles, et quand, arrivés
» dans la plaine, ils s'étalent considérablement, ils n'en conservent
» pas moins une disposition respective analogue à celle qu'ils avaient
» dans leurs gisements primitifs. Les blocs du flanc droit de la
» vallée occupent dans la plaine la rive droite du bassin ; ceux du
» flanc gauche, la rive gauche; ceux des vallées les plus centrales
» en couvrent les régions centrales. Des groupes composés chacun
» d'une seule espèce de roche, comme l'a fait voir M. de Char-
» pentier, se rencontrent çà et là au milieu des roches d'espèces
» variées, en restant toutefois dans les conditions de la règle pré-
» cédente.

» Ainsi les *roches pennines* (l'arkésine, le gneiss chlorité et les
» chlorites granuleuses) sont de beaucoup les plus répandues ; elles
» couvrent les trois quarts de la surface du bassin ; elles marchent
» toujours ensemble et se comportent presque comme une seule
» espèce. En les prenant à leur point de départ, depuis le débou-
» ché de la vallée de Viége et du val d'Erin, on les voit suivre le
» flanc gauche de la vallée du Rhône, sans jamais passer sur la
» rive opposée. A l'issue des vallées d'Entremont et de Trient elles
» recrutent les granites du Mont-Blanc, qui les accompagnent en
» formant la lisière extérieure. Au sortir de la vallée du Rhône,
» elles s'étalent dans la plaine en un vaste éventail et remplissent
» le bassin du Léman et celui des lacs de Neuchâtel et de Bienne.
» On les trouve à la fois le long des pentes extérieures des chaînes
» du Chablais, au pied du Salève, dans toute la plaine de Genève ;

» elles couronnent de blocs prodigieux le Mont-de-Sion. Elles constituent la plupart des grands blocs suspendus au revers du Jura, » depuis le fort de l'Écluse jusqu'au pied de la Dôle, ainsi que les » blocs moins nombreux épars dans les plaines du pays de Gex et » sur les hauteurs de la Côte jusque dans les environs de Lausanne. » Plus à l'est, ces mêmes roches, mais en blocs moins volumineux, » et relativement moins fréquents, jonchent les pentes du Jura et » forment, avec les granites du Mont-Blanc, la limite supérieure » de la formation erratique. Dans la plaine, où les granites paraissent à peine, elles dominent de nouveau et couvrent de leurs » débris toute la plaine de l'Aar, les collines de mollasse entre Soleure et Berne, et s'étendent jusque dans les environs de Zoffingen et d'Arbourg, où des blocs métriques de chlorites peuvent » être considérés comme les derniers représentants des roches » pennines et marquent la limite extrême de l'extension du bassin » du Rhône. »

Les *roches du Mont-Rose* se comportent également comme une seule espèce, suivant les allures des roches pennines, et les accompagnant presque partout à l'état de galets. Les deux régions dans lesquelles elles sont le plus abondantes sont l'une et l'autre sur la droite de celles où dominent les roches pennines; ainsi la disposition des roches erratiques de la plaine rappelle parfaitement la situation relative des vallées d'où elles sont descendues.

La répartition des *granites du Mont-Blanc* présente des caractères très remarquables. On les trouve à la fois à la limite supérieure de toute la zone erratique, le long de la rive gauche du bassin, sur les hauteurs du Chablais et le long des pentes opposées du Jura. Depuis la Dôle jusqu'au-delà de Soleure, dans les environs de Niederbipp et d'Aarwangen, non seulement les blocs de granite dominent par leur nombre et leur volume, mais encore ils sont disposés en bandes continues nettement limitées, et presque sans mélange d'autres roches.

Dans le Jura neuchâtelois, cette disposition est surtout bien prononcée. La limite supérieure des roches erratiques est formée par une bande de blocs de granite, dont le plus gros a 10 mètres de côté. On y trouve des blocs de roches pennines nombreux, mais peu volumineux. Au-dessous est un intervalle de plus de 325 mètres de hauteur, tout à fait dépourvu de blocs, puis vient une seconde zone très large qui couvre les plateaux de blocs aussi gros et plus abondants que ceux de la précédente. C'est à cette zone

qu'appartient la *Pierre à Bot*, de 18 mètres de côté, et beaucoup d'autres presque aussi considérables.

Cette traînée de gros blocs est formée par la protogine du Mont-Blanc, provenant des aiguilles de Chamouny, et par un gneiss gris qui se retrouve dans la chaîne des Aiguilles-Rouges. La limite inférieure de cette zone, qui dans les environs de Neuchâtel se trouve à 160 mètres au-dessus de la plaine, est très nettement tracée.

Les *granites du Haut-Valais* ou du flanc droit de la vallée sont peu importants dans la plaine, mais les *poudingues de Valorsine*, avec les conglomérats rouge lie de vin, occupent à eux seuls la rive droite du bassin, depuis le débouché de la vallée du Rhône, et couvrent le plateau du Jorat jusqu'aux environs de Lausanne. Quant aux *galets de quartz*, ils se retrouvent partout et bien au-delà des limites des blocs, « et lorsque, placé en dehors du bassin » erratique du Rhône, on s'approche des parties qu'il occupe en » Savoie, dans le Jura, comme en Argovie, partout on rencontre » dans le voisinage les galets de quartz comme premiers avant-» coureurs des roches alpines. »

M. Guyot résume ensuite la distribution des roches erratiques du bassin, en faisant deux coupes transversales, l'une à l'est et l'autre à l'ouest, et partant chaque fois des Alpes pour aboutir au Jura. La première coupe, s'étendant des environs de Bulle au mont de Boudry, près de Neuchâtel, montre qu'il existe, dans l'étendue de la vallée, trois régions principales : celle des poudingues de Valorsine le long des Alpes, celle des blocs du Mont-Blanc le long du Jura, et celle des roches pennines précédées de quelques granites du haut Valais et de roches du Mont-Rose au centre. La seconde coupe, des Fourches d'Aberre en Chablais au Marchairu, donne une série analogue. Les roches se succèdent dans le même ordre, et cet ordre est celui dans lequel elles viennent affleurer de bas en haut dans les vallées principales. « Ainsi, dit l'auteur, la répartition des espèces de ro-» ches erratiques est soumise à une loi selon laquelle les traînées » de roches de même espèce conservent dans la plaine une position » déterminée qui leur est assignée par la situation respective des » vallées d'où elles sortent. Les roches qui sortent des vallées laté-» rales les plus rapprochées du débouché de la vallée principale » gardent les bords sur l'une et l'autre rive ; celles qui proviennent » des affluents les plus reculés tiennent le centre. »

Après avoir montré l'analogie parfaite de cette disposition avec

celle des moraines d'un glacier, M. Guyot reconstruit, à l'aide de ces éléments erratiques, et en tenant compte de tous les accidents du sol comme des lois connues du mécanisme des glaciers, le vaste glacier du Rhône, depuis son origine dans le massif des Alpes pennines et du Mont-Rose jusque sur les pentes jurassiques de Neuchâtel et de Soleure; puis il fait voir que la disposition des moraines à sa surface, telle qu'elle a dû être, suivant la loi qui préside à l'arrangement de celles des glaciers actuels composés de plusieurs affluents, est parfaitement conforme à la répartition des diverses espèces de roches erratiques dans le bassin du Rhône.

« Ainsi s'expliquent, dit-il en terminant, le groupement des » espèces de roches en zones parallèles et linéaires, leur réparti- » tion dans des localités spéciales, leur situation respective toujours » conforme à la position des vallées d'où elles sont sorties. Ainsi, au » moyen de la loi des moraines centrales ou médianes, nous nous » rendons compte de ce fait si remarquable que les blocs qui pro- » viennent des vallées les plus reculées et des cimes les plus éle- » vées, comme les roches pennines, sont aussi ceux qui, malgré » leur volume souvent énorme, s'égarent le plus loin de leur gise- » ment primitif. Dans cette hypothèse la conservation des blocs, » leurs formes anguleuses ou leurs surfaces striées, leur passage à » travers des lacs, leur position élevée sur les flancs des montagnes » dont aucune autre hypothèse ne rend compte d'une manière quel- » que peu vraisemblable, les phénomènes erratiques, en un mot, » ne sont plus pour nous un mystère impénétrable (1).

Dans une *Note sur la topographie des Alpes pennines* (2), M. Guyot a fait connaître les résultats de nouvelles explorations sur les gisements primitifs des roches erratiques du bassin du Rhône, et après avoir parcouru toutes les vallées méridionales qui descendent du Mont-Rose, et les avoir étudiées sous le même rapport, celle d'Aoste lui a paru offrir le plus haut intérêt. Il en décrit, avec son exactitude habituelle, les caractères et les traces d'anciens glaciers que portent les montagnes environnantes, ce qui le conduit à regarder cette vallée comme l'analogue de celle du Rhône. Elle serait, pour le versant méridional de la chaîne pennine et le revers italien du Mont-Blanc, ce qu'est le Valais pour le versant septen-

(1) Voyez aussi, pour le retrait successif de l'ancien glacier du Rhône, une note de M. E. Collomb. (*Bull.*, 2ᵉ sér., vol. IV, p. 178. 1846.)

(2) *Bull. de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel.* Janv. 1847.

trional de ces deux chaînes; elle serait même plus remarquable encore par le nombre, la disposition et l'étendue des roches polies et moutonnées, et à ce dernier égard elle ne le cède pas même à la classique vallée de l'Aar (1).

Si nous jetons à présent les yeux sur d'autres parties des Alpes, nous trouverons encore des observations importantes à consigner, au point de vue des diverses opinions que les dépôts erratiques ont fait naître. Ainsi M. Ch. Martins, qui a exécuté dans cette chaîne de nombreux travaux de météorologie, d'hygrométrie et de physique du globe, a signalé les *formes régulières du terrain de transport des vallées du Rhin antérieur et du Rhin postérieur* (2). Il pense que ces espèces de terrasses, de caps, de cônes et de mamelons se retrouvent dans la plupart des vallées de la Suisse, surtout en amont et en aval du rétrécissement de ces vallées, et parmi ces formes il en distingue trois principales : Vallées du Rhin supérieur.

1° celle de *delta incliné* ou cône d'éboulement (*cônes* de Deluc, *cônes obtus* de M. J. Yates (3), *lits de déjection* de M. Surell (4), très commune dans la Suisse, la Savoie et les Hautes-Alpes françaises. Ces cônes sont dus à des torrents intermittents qui, dans leurs crues subites, entraînent avec eux une grande quantité de boue, de sable et de pierres qu'ils déposent à la sortie de leur canal d'écoulement. L'origine première de ces accumulations est reportée par l'auteur au dernier soulèvement des Alpes, mais comme elles continuent de s'accroître, il les range parmi les dépôts de transport les plus récents.

2° La forme de monticule conique, à base elliptique et analogue à celle des œsars de la Suède. La hauteur de ces amas détritiques

---

(1) Voyez aussi : Le Blanc, *Note sur les traces de glaciers anciens au Mont-Cénis*. (*Bull.*, vol. XIII, p. 125. 1841.) — Studer, (*Ibid.*, vol. XI, p. 49. 1840. — *Neu. Jahrb.*, 1840, p. 208.) — Gal, *Sur les stries et les moraines de la vallée d'Aoste*. (*Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 728. 1845.) — T. A. Catullo, *Osservazioni sulle rocce*, etc., Observations sur les roches polies des Alpes vénitiennes. (*Atti della adun. dell' I. R. Istit. Veneto*, 18 ap. 1846.) — Nous renverrons aussi, pour beaucoup de détails intéressants, au mémoire déjà cité de M. de Collegno, *Sur le terrain erratique du revers méridional des Alpes*. (*Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 284. 1845.)

(2) *Bull.*, vol. XIII, p. 322. 1842. — *Note sur quelques échantillons de roches polies et striées*. (*Ibid.*, p. 163.)

(3) *Edinb. new philos. Journ.* 1831.

(4) *Études sur les torrents des Alpes*, in-8. 1841.

varie de 10 à 30 mètres. Leur grand axe est dirigé dans le sens du cours des eaux. Ordinairement plus élevés et plus larges en amont, ils se terminent en mourant en aval. Leurs contours sont arrondis et ils sont presque entièrement formés de sable fin.

3° La troisième forme des dépôts de transport est celle de terrasse, composée d'une plate-forme ou partie supérieure, plane et horizontale, et d'un talus incliné, interrompu quelquefois par des ressauts ou banquettes parallèles à la plate-forme. Le plan du talus est toujours sensiblement parallèle au cours du fleuve. Au confluent de deux cours d'eau, la terrasse devient un delta horizontal.

M. Martins démontre ensuite que les terrasses, les œsars et les caps formés de matières alluviales doivent leur origine à un régime des eaux différent de celui que nous observons aujourd'hui; recherchant l'état de choses sous l'empire duquel ils se sont déposés, il croit que leurs matériaux peuvent provenir des moraines d'anciens glaciers dont la fonte inégale aura occasionné de grandes masses d'eau, dans lesquelles des courants disposaient les matériaux meubles sous les diverses formes indiquées. Ainsi l'existence de ces glaciers expliquerait l'accumulation de ces masses énormes de débris dans les hautes vallées, et leur fusion, les formes régulières, la stratification horizontale et l'usure des éléments des dépôts erratiques.

De son côté, M. A. Guyot (1), qui a étudié avec autant de soin le bassin erratique du Rhin que celui du Rhône, regarde la ligne du Jura comme ayant servi de barrière sur toute sa longueur au dépôt erratique alpin qui ne l'a point franchie, même vers le confluent de l'Aar et du Rhin, où la chaîne s'abaisse beaucoup.

Les roches erratiques du bassin du Rhin proviennent des vallées du Rhin antérieur, du Rhin moyen et de l'Albula. Ces deux dernières se réunissent dans le Domleschy, pour se joindre, au-dessus de Coire, à celle du Rhin antérieur. Après avoir tracé les limites de ce dépôt, l'auteur fait voir que le phénomène erratique n'est pas nécessairement lié à la présence des roches cristallines, puisque des sommets et des vallées du Sentis et du Kurfürsten sont descendus les fragments calcaires, anguleux ou arrondis, d'un dé-

(1) *Note sur le bassin erratique du Rhin.* (*Bull. de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel*, mai et déc. 1845.)



pôt erratique distinct de celui des hautes vallées du Rhin supérieur. Quant à la distribution des diverses espèces de roches, on trouve que parmi celles des Hautes-Alpes rhétiques, venues par la vallée du Rhin, trois surtout caractérisent ce bassin ; ce sont les granites porphyroïdes de Ponteljas ou de Trons, les granites verts de Juliers, et les gneiss bruns de Montafun. Chacune de ces roches correspond à l'un des principaux affluents de la vallée, et les deux premières sont accompagnées de talcschistes et de conglomérats roses et verdâtres.

Les granites de Ponteljas descendent de la vallée du Rhin antérieur, occupant toujours la rive gauche, conjointement avec les talcschistes roses et verts. Les granites de Juliers descendent dans la vallée d'Oberhallstein, suivant le cours de l'Albula, pour entrer dans le Domleschy, sans qu'un seul fragment passe sur le flanc gauche de cette dernière vallée. Ils se mêlent aux granites porphyroïdes, au pied du Galanda, puis le long des bords du Rheinthal, et, arrivés au lac de Constance, deviennent les roches caractéristiques de tout l'espace situé entre sa rive méridionale et le bassin de Saint-Gall, de Turgovie, etc. Les gneiss de Montafun descendent de la vallée de ce nom, où des blocs nombreux et d'un très gros volume couvrent les flancs des montagnes jusqu'à une hauteur considérable, mais ils ne paraissent point exister sur la rive gauche du lac de Constance.

Cette distribution est donc analogue à ce que l'on observe dans les bassins du Rhône et de la Reuss. Les granites de Ponteljas, qui proviennent de la vallée du Rhin antérieur, gardent partout la rive gauche ; les gneiss de Montafun, la rive droite ; les granites de Juliers, le centre. Une coupe transversale du bassin de Jonschwyl, sur la Thour, au château de Walbourg, montre successivement les granites porphyroïdes sur les bords, les granites de Juliers jusqu'au lac, et au-delà du lac les gneiss de Montafun. La situation respective de ces roches est la même que celle des vallées d'où elles proviennent. Ainsi, toutes les conclusions déduites de la loi de distribution des roches, dans le bassin du Rhône, sont applicables à celui du Rhin, et l'identité des phénomènes généraux est complète : « Ici encore, dit l'auteur, c'est la loi des moraines qui peut » nous rendre compte de cette distribution, qui se montre régu» lière malgré le mélange absolu des espèces de roches que l'on » aurait dû s'attendre à trouver dans une vallée aussi compliquée » et aussi accidentée que celle du Rhin. »

Alpes noriques. Plus à l'est, M. Le Blanc (1) a décrit, dans les Alpes du Salzbourg, et suivant une coupe de la ville de ce nom au gros Glokner, les lacs et les débris erratiques accumulés dans leur voisinage. Le lac de Kœnigsee est terminé en aval par un amas de fragments surmontés de véritables blocs erratiques. En amont, est un second amas représentant la moraine terminale d'une autre station du glacier, correspondant au lac d'Obersee qui vient immédiatement après. Deux autres petits lacs, le Grunsee et le Funtensee, sont aussi bornés par deux moraines bien caractérisées. Plus loin, la roche, qui est un calcaire jurassique, se voit presque entièrement à nu ; au-delà, sur une étendue de trois lieues, et jusque près du sommet de la montagne, il n'y a plus que des roches à surface polie : c'est le *Steinernemeer* ou *mer de pierres*.

Ces pierres usées, mais non roulées comme les cailloux ordinaires, ont une forme particulière. L'un des côtés, presque plat, est bordé par une arête un peu tranchante, et la face opposée est arrondie comme une portion de sphère peu régulière. M. Le Blanc suppose qu'elles ont dû être usées ainsi, parce qu'elles se trouvaient prises entre le sol et le glacier se mouvant sur son fond. Les lacs dont nous venons de parler marqueraient de même autant de stations du glacier de Steinernemeer dans sa marche rétrograde. Il y a d'ailleurs d'autres exemples de disposition semblable dans cette partie des Alpes, et beaucoup de lacs, depuis Constance jusqu'à celui de Neusidel, en face de Presbourg, présentent tout ou partie des circonstances qui doivent les accompagner d'après la théorie des anciens glaciers (2).

Sur le versant opposé de la chaîne, dans la Lombardie, les bords du lac de Garde et de celui de Côme offrent encore des faits analogues, et, comme l'avait démontré précédemment l'auteur (3), un abaissement de 7 degrés dans la température moyenne du pays suffirait pour couvrir de glaciers toute cette partie des Alpes. On a déjà vu (*antè*,

---

(1) *Sur la relation qui existe entre les grandes hauteurs, les roches polies, les galets glaciaires, les lacs, les moraines, le diluvium dans les montagnes et dans une large zone autour des pôles de la terre.* (*Bull.*, vol. XIV, p. 600, pl. II. 1843.)

(2) Voyez aussi : Fred. Simony, *Sur les traces des glaciers anciens des Alpes de la haute Autriche.* (*Soc. des sc. nat. et physico-chimiques de Vienne*, 4 et 11 mai 1846. — *Bull.*, 2ᵉ sér., vol. IV, p. 155. 1846.)

(3) *Bull.*, vol. XII, p. 132. 1841.



p. 175), sur les lacs des Vosges, des observations fort ingénieuses de M. Hogard, qui confirmeraient parfaitement les déductions de M. Le Blanc, ainsi que cette grande quantité de lacs du nord de l'Europe et de l'Amérique, souvent bordés par des amas de fragments, qui semblent les avoir traversés sans les combler.

En résumé, les lacs des hautes montagnes sont toujours placés de manière à avoir en amont un point fort élevé, comparativement aux points environnants; les roches en amont du lac sont polies et couvertes de sillons (*Karrenfelders*), si elles résistent à l'altération des agents extérieurs. Ces surfaces polies sont accompagnées de galets particuliers, usés mais non roulés, ou *galets glaciaires* (cailloux *cyliolithiques*, Agassiz). Le lac est bordé en aval par plusieurs amas transversaux de débris de toutes les grosseurs, formant de véritables moraines. Ces débris viennent de la montagne située en amont, et ont passé par dessus le lac sans le combler; le lac est quelquefois entouré de cailloux roulés sur un ou plusieurs de ses côtés, mais on n'en voit pas sur son fond. L'obstacle qui s'est opposé au comblement de la cavité est contemporain du diluvium; c'est le glacier qui la remplissait et la recouvrait. Enfin les lacs des montagnes sont d'autant plus nombreux que la latitude du pays est plus élevée.

Observations diverses.

M. Desor (1) s'est occupé de déterminer la relation des roches dont la surface est moutonnée avec celles qui sont polies, et leur liaison est telle que ces deux effets lui paraissent devoir être attribués à la même cause. On rencontre des roches moutonnées jusqu'à quatre lieues de distance des glaciers actuels. Ces surfaces ne dépassent point une certaine hauteur, au-dessus de laquelle les roches sont hérissées d'arêtes vives, délitées ou éboulées. Ce niveau n'atteint pas au-delà de 2800 à 2900 mètres d'altitude dans la chaîne des Alpes bernoises, et au-dessous les flancs des mêmes massifs sont ordinairement dépourvus de blocs isolés. L'auteur attribue cette circonstance à l'agent erratique qui les a emportés, car, partout où une cime dépasse le niveau de la limite supérieure des roches polies, les blocs y reparaissent (2).

---

(1) *Compt. rend.*, vol. XIV, p. 377. 1842.
(2) Desor, *Observations sur les parties arrondies que présentent en Suisse les flancs des montagnes, et déductions tirées de ces faits relativement à l'origine des blocs erratiques.* (*Compt. rend.*, vol. XVIII, p. 305. 1844. — *Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 650. 1846.)

M. Élie de Beaumont (1) a fait remarquer, à ce sujet, que les roches moutonnées de la vallée de l'Aar lui ont offert des stries qui se croisent sous des angles de quelques degrés, et qu'une partie des cannelures semblent aller en remontant vers la partie inférieure de la vallée. En se dirigeant vers le col du Grimsel, on voit les roches moutonnées sur une hauteur de 400 à 500 mètres, et c'est à ce point que vient aboutir la limite supérieure déterminée par M. Desor. En cet endroit, la route suivie par les courants de blocs erratiques avait une double ligne de fond; d'une part le lit du lac, et de l'autre le lit de l'Aar, plus étroit et plus profond.

Les traces laissées par le phénomène erratique, dit ailleurs le même savant (2), s'étendent rarement jusqu'aux sommets des montagnes. Elles sont concentrées dans une zone qui embrasse leur base, et qui a une limite supérieure bien déterminée. Cette limite est très souvent marquée, soit par le passage des roches moutonnées aux roches anguleuses, soit par les dernières terrasses formées de matériaux erratiques, et elle s'abaisse doucement du centre de la région montagneuse vers les bords, en coupant les flancs des montagnes, suivant des lignes très différentes des lignes de niveau.

Cherchant ensuite à déduire des hauteurs connues qu'atteint la zone du phénomène erratique, la pente ou l'inclinaison de la surface limite, M. Élie de Beaumont trouve que, sur 19 exemples pris dans les Alpes, la plus grande pente n'est que de 2°, 47′, 24″, et que la plupart de ces pentes n'atteignent même pas un degré. Or les glaciers ne paraissent pas en général se mouvoir sur une certaine étendue avec une pente de moins de 3°. Si l'on compare à ces données la pente des rivières navigables, qui n'excède pas 3′, 26″, on voit que celles de la limite supérieure de la zone erratique sont intermédiaires entre l'inclinaison des glaciers et celle des grands cours d'eau navigables. Ces pentes seraient très considérables pour des rivières de quelques mètres de profondeur, et seraient énormes pour des masses d'eau d'une section égale à celle que les limites de la zone erratique déterminent dans les vallées des Alpes, et qui ont

---

(1) *Compt. rend.*, vol. XIV, p. 377. 1842.
(2) *Notes sur les pentes de la limite supérieure de la zone erratique et sur leur comparaison avec les pentes des glaciers et celles des cours d'eau.* (Extr. des *Procès-verbaux de la Soc. philomatique*, 13 août 1842. — *L'Institut*, id. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 560. 1842.)

jusqu'à 800 et 1000 mètres de profondeur. Des courants d'eau et même de boue, dans de pareilles conditions, seraient donc susceptibles d'une puissance de transport très énergique et d'effets prodigieux.

La vitesse d'un liquide augmente avec la pente de sa surface et la profondeur de la section ; mais il est douteux qu'il en soit de même pour les glaciers. La vitesse acquise n'entre probablement pour rien dans leur mouvement si lent, et, en dressant trois tableaux comparatifs exprimant, l'un les allures des glaciers, l'autre celles des cours d'eau, et le troisième celles du phénomène erratique, on y trouverait sans doute un puissant secours pour remonter à la cause de ce dernier.

L'absence de sédiments marins postérieurs aux marnes subapennines, dans les plaines qui bordent au nord et à l'ouest le pied des Alpes ainsi que dans les vallées qui en descendent, a fait douter longtemps de l'âge des dépôts de transport qui s'étendent sur ces plaines et ces vallées. Il paraissait rationnel, en n'envisageant que le massif des Alpes et les pays environnants, d'attribuer ces dépôts à l'effet du soulèvement qui mit fin à la formation tertiaire supérieure ; mais une étude comparative plus étendue ne permet plus d'admettre cette opinion, et force, au contraire, à reconnaître qu'un laps de temps considérable s'est écoulé entre ce dernier soulèvement des Alpes et les accumulations détritiques, dont la cause est encore contestée, mais dont l'âge se déduit de considérations générales, dont les unes sont en rapport avec cette cause, quelle qu'elle soit, et dont les autres lui sont tout à fait étrangères. Conclusion.

Nous avons vu, en effet, dans les diverses parties de l'Europe que nous avons étudiées, des phénomènes semblables, sauf quelquefois les dimensions, à ceux qui se sont passés dans la région des Alpes ; en outre, ces phénomènes se sont manifestés dans chacun de ces centres, indépendamment les uns des autres, dans la même grande période, ce qui n'implique pas absolument que tous ont eu lieu au même moment. Dans chaque région erratique les détritus ne se mêlent point ; ils ont des limites déterminées, et leur position par rapport aux dépôts antérieurs est toujours comparable. Nous avons dit, de plus, que là où le phénomène s'est exercé avec le moins d'intensité, sur une échelle moindre et non loin de la mer, il avait laissé des traces analogues à celles que l'on observe dans les parties élevées des Alpes ; or, dans la plupart de ces localités, excepté dans le voisinage immédiat de cette dernière chaîne, nous avons constaté que les dépôts erratiques meubles et non stratifiés,

comme les dépôts sédimentaires réguliers, postérieurs à ce phénomène, renfermaient les restes d'une faune également comparable sur tous ces points.

Le petit nombre des débris de cette faune recueillis dans la zone erratique des Alpes avait pu ne pas frapper au premier abord, et être attribué à quelques animaux peu différents de ceux de la période tertiaire supérieure; mais tous les résultats que les nouvelles recherches permettent de grouper aujourd'hui doivent faire admettre que les détritus erratiques descendus des Alpes appartiennent à l'époque quaternaire et sont dus à une cause analogue à celle qui s'est étendue sur tout l'hémisphère nord. Cependant rien ne prouve encore que le phénomène ait été synchronique de ceux dont nous avons parlé, tandis qu'il y a, comme nous l'avons dit (*antè*, p. 258), de fortes présomptions pour croire qu'il est beaucoup plus récent (1).

Enfin la détermination rigoureuse de ce fait, si important pour l'histoire des derniers changements survenus dans les conditions physiques de l'Europe occidentale, se déduira d'un examen comparatif et très détaillé de tous les dépôts postérieurs à la mollasse (terrain tertiaire moyen) qui s'étendent au pied des Alpes, depuis le lac de Constance jusqu'aux côtes de Provence.

Appendice bibliographique.

H. L. Wissmann. — *Essai d'une explication des blocs erratiques de la Suisse.* (*Neu. Jahrb.*, 1840, p. 314.) L'auteur suppose qu'il y avait un grand lac au pied nord des Alpes et un golfe sur le revers opposé, puis que les glaçons détachés

(1) Si l'on se prévalait de la postériorité du phénomène erratique des Alpes par rapport aux dépôts avec débris de grands mammifères et coquilles terrestres et lacustres de la vallée de la Suisse, de celle du Rhin, etc., pour placer ceux-ci dans le terrain tertiaire supérieur, il en résulterait cette conclusion paradoxale, que le phénomène erratique qui a produit les stries et les surfaces polies du nord-ouest de l'Europe et des Iles-Britanniques, de même que les couches de coquilles arctiques antérieures aux grands mammifères appartiendraient à l'époque tertiaire supérieure. Il y aurait eu au même moment dans le nord de l'Europe une température plus basse que celle d'aujourd'hui, et dans le centre une température plus élevée, et ensuite c'eût été l'inverse. Les considérations physiques et paléontologiques, comme les caractères géologiques des dépôts erratiques pris dans leur ensemble, s'accordent donc pour rendre cette supposition inadmissible.

des glaciers et portant des blocs et des débris, venaient flotter sur ces eaux et y abandonner leur charge.

L. Agassiz. — *Objections à l'hypothèse précédente.* (*Neu. Jahrb.*, 1840, p. 575.)

J. Fournet. — *Résumé des discussions sur les blocs erratiques au congrès scientifique de Lyon en* 1841.

A. Deluc. — *Objections aux opinions de MM. de Charpentier et Le Blanc sur les glaciers anciens et sur le transport des blocs erratiques.* (*Bull.*, vol. XIII, p. 368. 1841.)

Chamousset et Itier. — *Grotte des environs de Chambéry, dans laquelle on observe des surfaces polies et striées.* (*Bull.*, vol. XIII, p. 467. 1841.)

L. Agassiz. — *La théorie des glaciers et ses progrès les plus récents.* (*Bibl. univ. de Genève*, sept. 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 850. 1842. — *Edinb. new phil. Journ.*, 1842.)

B. Studer. — *Examen du pays entre Berne et Thun pour les blocs erratiques.* (*Verhand. d. Schweitz. naturf. Ges. zu Altdorf*, 1842, p. 175.)

Escher de la Linth. — *Sur les sillons produits par les glaciers et sur les blocs erratiques apportés par ces derniers.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 276-279.)

Les surfaces que les eaux ont polies se distinguent de celles qui l'ont été par les glaces, par l'absence des stries fines qui accompagnent ces dernières. L'auteur pense que la théorie de M. de Charpentier rend compte de toutes les circonstances de la distribution des blocs, et il paraît admettre, comme M. Studer, que l'extension des glaciers a été séparée du dernier soulèvement des Alpes par une période de repos.

De Charpentier. — *Traces de lavages et de décomposition sur le Karst, et absence de blocs erratiques en Tyrol, en Autriche, en Styrie et en Carinthie.* (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 470.)

H. Emmrich. — *Sur des rochers de micaschiste chloriteux polis et striés dans la vallée de l'Oetzen en Tyrol.* (*Neu. Jahrb.*, 1844, p. 802.)

E. Frignet. — *Du phénomène erratique en Tyrol et principalement dans la vallée de l'Inn.* (*Thèse de géologie présentée à la Faculté des sciences de Strasbourg*, in-8 avec carte. 1846.)

G. Bischof. — *Les glaciers dans leurs rapports avec le soulèvement des Alpes, avec la contraction des roches cristallines et avec les blocs erratiques.* (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 505-536.)

L'auteur admet la première hypothèse de M. de Charpentier, celle d'une plus grande élévation des Alpes et de leur affaissement ultérieur, puis il y applique ses consi-

dérations théoriques sur la contraction des roches ignées et des roches métamorphiques.

F. Fischer. — *Blocs erratiques de schiste micacé près de Bâle.* (*Ber. üb. d. Verh. d. naturf. Ges. in Basel*, vol. VI, p. 57. 1844.)

— *Discussion sur les anciens glaciers, les moraines et les blocs erratiques de la Savoie.* (*Bull.*, 2e sér., vol. I, p. 638. 1844.)

Rendu. — *Théorie sur les glaciers en général.* (*Bull.*, 2e sér., vol. I, p. 631. 1844.) Cette note de quelques pages est une des meilleures démonstrations que l'on puisse lire en faveur de l'ancienne extension des glaciers.

— *Sur les dépôts erratiques des environs des Déserts et de plusieurs autres points aux environs de Chambéry.* (*Bull.*, 2e sér., vol. I, p. 622. 1844.)

L. Agassiz. — *Sur quelques roches striées de la Suisse.* (*Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 273. 1845.)

Escher de la Linth. — *Sur quelques phénomènes des glaciers de la Suisse.* (*Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 231. 1846.)

Desor. — *Sur le phénomène erratique du Nord comparé à celui des Alpes.* (*Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 182. 1846.)

E. Royer. — *Note sur les glaciers.* (*Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 462. 1847.)

CHAPITRE VI.

TERRAIN QUATERNAIRE DE L'EUROPE MÉRIDIONALE, CENTRALE ET ORIENTALE.

§ 1. Europe méridionale.

La *panchina*, dit M. P. Savi (1), est un calcaire coquillier, bien développé en Toscane, autour de Pomerance, de Bullera, de Lama et sur les pentes de beaucoup de collines. Ses caractères sont d'ailleurs assez variables; tantôt c'est une roche arénacée, à ciment calcaire, et remplie de coquilles; tantôt un calcaire grossier, blanc-jaunâtre, tufacé ou compacte. Ce dépôt est non seulement plus moderne que l'*alberèse*, mais encore que l'argile cendrée ou *mattajone* (formation tertiaire sub-apennine ou supérieure). La *panchina* passe insensiblement à la roche calcaréo-siliceuse avec vacuoles tapissées de calcédoines, qui forme des filons dans la masse serpentineuse des montagnes. Ces filons, dans lesquels on ne trouve ni coquilles, ni cailloux, ont été remplis de bas en haut. Le carbonate de chaux se serait aussi épanché au dehors par ces fentes préexistantes de la serpentine et aurait cimenté les dépôts plus ou moins sablonneux du voisinage. Toscane.

Des sources minérales abondantes, sortant par les fissures nombreuses du *gabbro* des environs de San-Dalmazio, déposèrent des couches sur les roches voisines et finirent par boucher les fissures elles-mêmes. Tels sont les filons de dolomie (*miémite*) qui, à Miemo, dans le Volterrais, traversent le *gabbro* et le terrain tertiaire modifié. La dolomie est cristallisée sur les parois des filons, ou bien y forme de petites couches qui, alternant avec celles de quartz ou de calcédoine, tapissent ainsi de plaques superposées le mur et le toit de ces mêmes filons. Les belles calcédoines employées dans les arts proviennent de gisements semblables.

Non seulement ces phénomènes ont eu lieu dans une grande

(1) *Memorie per servire*, etc. Mémoires pour servir à l'étude de la constitution physique de la Toscane. Pise, 1837-1839. — *Nuovo giornale de' letterati*. 1837 à 1839.

partie de la Toscane, mais encore dans tout le reste de l'Italie méridionale. Lorsqu'ils sont éloignés des roches serpentineuses, ils sont toujours favorisés par la proximité de quelques autres produits ignés ou volcaniques. Ainsi les roches analogues de la maremme de Piombino, de l'île d'Elbe, des États de l'Eglise, les tufs de Messine, les dépôts quaternaires de la Sardaigne, des îles Baléares et de la Corse, auraient la même origine.

Les masses de serpentine ont altéré les roches sédimentaires d'abord mécaniquement, puis chimiquement, dans leur densité, leur couleur et leur texture, en y introduisant de nouveaux éléments. Elles se sont fendillées ensuite, et, par ces fentes, ont donné passage à des eaux chargées de substances pierreuses en dissolution. Ces dernières, ainsi qu'on vient de le dire, ont alors cimenté le sable et le gravier de la côte ou du fond de la mer, dans les endroits où ces phénomènes avaient lieu, et il en résulta un dépôt stratifié qui est la *panchina*. M. de la Marmora pense, au contraire, que tous ces sédiments de la dernière période ont été, comme les autres, formés sous la mer, dont les eaux laissaient déposer le carbonate de chaux qui agglutinait les sables, les cailloux et les coquilles.

M. Savi décrit ensuite les travertins si répandus en Toscane, à Monte-Catini, à Pignano, près de Volterra, à Massa Maritima, à San-Filippo, etc., et surtout dans les Etats-Romains, à Civita-Vecchia, aux cascades de Terni, de Tivoli, du lac de Zolfo, etc. Comme la *panchina*, ils ont été déposés par les eaux qui sortaient et qui sortent même encore de l'intérieur de la terre; seulement les circonstances sont différentes. Les unes sourdant près du rivage, ou sous la mer, ont produit une roche calcaréo-sablonneuse et coquillière (*panchina*); les autres, sourdant à l'air libre et loin des côtes, ont produit les tufs et les travertins. L'auteur distingue d'ailleurs parmi ces derniers les anciens et les modernes. Les travertins anciens, dus aux mêmes causes que la *panchina* et les tufs, sont, comme ceux-ci, antérieurs à l'époque actuelle. Ils ont été formés après l'apparition des serpentines et après les marnes sub-apennines; mais, à ce dernier égard, M. Savi paraît conserver quelques doutes. Souvent on voit ces dépôts dans leur position première; quelquefois aussi ils ont été brisés et soulevés par les causes mêmes qui ont disloqué les masses serpentineuses.

M. H. de Collegno (1) qui regarde la *panchina* de Volterra et de

(1) *Bull.*, vol. XIII, p. 275. 1842.

Verrua comme intercalée dans les sables jaunes sub-apennins, a mentionné les couches quaternaires (1) sur lesquelles est bâtie Livourne, et que M. de la Marmora avait déjà séparées de celles qui se forment encore aujourd'hui en Sicile et à Livourne même. Elles constituent, depuis le Lazaret jusqu'à la tour d'Antignano, un grès grossier exploité, passant tantôt à un poudingue avec de petits galets, tantôt à un calcaire concrétionné, puis, au dessous, à un calcaire à grains de quartz. En cet endroit, les bancs suivis ne s'élèvent pas à plus de 5 mètres au-dessus de la mer. Sur plusieurs points de l'île d'Elbe le même savant a reconnu (2), avec M. Savi, des couches arénacées qui semblent être de l'âge de ces grès de Livourne; mais, revenant sur l'opinion qu'il avait émise, il croit devoir les placer toutes dans la formation tertiaire supérieure (sub-apennine) qu'ont précédée les filons de granite dirigés N., S., à travers les granites porphyroïdes, les serpentines et les roches sédimentaires.

M. L. Pareto (3) a remarqué que, dans les Etats-Romains, le gravier tertiaire, quoique composé principalement, comme le gravier quaternaire, de cailloux provenant du calcaire des Apennins et quelquefois de silex pyromaques, ne renfermait aucun fragment volcanique. Il contient en outre quelques ossements roulés de pachydermes, et repose sur les marnes sub-apennines, ou bien se trouve à un niveau plus élevé que le gravier quaternaire. Celui-ci et les sables avec lesquels il alterne offrent au contraire une grande quantité de gravier volcanique et de grains ou cristaux de pyroxène. On y trouve les mêmes ossements que dans le gravier tertiaire, mais beaucoup plus roulés, et de plus d'autres débris de mammifères d'une conservation parfaite et provenant d'espèces plus voisines de celles qui vivent actuellement (4). Ce gravier occupe seulement le fond des vallées excavées dans le terrain tertiaire. États-Romains.

(1) Le savant géologue italien a commis ici une méprise en désignant la formation *newer pliocène* de M. Lyell, comme synonyme du *terrain quaternaire* de M. J. Desnoyers. Ce dernier correspond à la *formation tertiaire moyenne* (*miocène*) représentée par les faluns, la molasse, etc.

(2) *Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 30. 1847.

(3) *Osservazioni geologiche*, etc. Observations géologiques depuis le mont Amiata jusqu'à Rome (extr. du *Giornale arcadico*, vol. C, juillet 1844). — in-8 avec cartes et coupes. Rome, 1844.

(4) On a trouvé récemment sur le monte Rosato, près du Tibre, une défense d'éléphant très grande et contournée, des ossements

En se dirigeant de Rome vers Civita-Vecchia et Corneto, on voit affleurer constamment les couches tertiaires; mais au-delà de cette dernière ville, et même près de Civita-Vecchia, la distinction des terrains tertiaire et quaternaire devient plus difficile. On observe, en effet, le long de la côte, et surtout au pied des collines de Corneto, des bancs de sable endurci avec cailloux ou *panchina*, puis non loin du Mignone des bancs avec Huîtres, et de nombreux strates de marnes sablonneuses et de gravier fossilifère. Ceux-ci, par leur position au bas des couches sub-apennines, par la nature de leurs cailloux souvent d'origine volcanique et par leurs coquilles plus récentes, doivent être postérieurs aux roches sub-apennines, ainsi qu'aux roches et aux tufs volcaniques dont la formation a séparé les deux dépôts marins et de gravier.

Au pont de l'Arrone, il y a sur une hauteur de 25 mètres, à partir du niveau de la mer, des alternances de gravier en partie volcanique, de marnes et de sable coquillier, avec des lits subordonnés de pumite. Les 25 espèces de coquilles que M. Pareto y a recueillies sont toutes vivantes sur la côte. Ces couches s'étendent d'ailleurs sur beaucoup d'autres points et se rattachent à des tufs et à des marnes lacustres. Elles sont du même âge que le poudingue ou grès grossier des côtes de Livourne, etc., et nous verrons plus tard qu'elles se lient également aux tufs volcaniques qui accompagnent les roches ignées des États-Romains. M. de la Marmora (1) les avait fait d'ailleurs connaître depuis longtemps, de même que

---

d'hippopotame, de cerf, de bœuf, etc., associés à des coquilles lacustres (*a*). M. P. Pianciani (*b*) a réfuté l'opinion qui rapportait à l'époque romaine des débris de ces mêmes mammifères recueillis sur le mont Aventin, et il a fait voir que la couche qui les renfermait n'avait jamais été remuée, et qu'aucune trace de l'industrie humaine ne s'y était rencontrée.

M. Bertrand Geslin (*c*) a rapporté le dépôt de transport à ossements du val d'Arno supérieur au terrain d'atterrissement ancien du Dauphiné et de la Provence, mais il semblerait le regarder comme quaternaire, car il dit aussi, quelques lignes plus haut (p. 170), qu'il suppose ce dépôt contemporain de celui qui, dans le Plaisantin et le Siennois recouvre les sables jaunes tertiaires supérieurs.

(1) *Mém. de l'Acad. r. des sc. de Turin*, vol. XXXVIII, p. 51, 1835.

(*a*) *L'Institut*, 9 sept. 1846.
(*b*) *L'Écho*, 15 janv. 1843.
(*c*) *Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. I, p. 170. 1833.

celles de Montalto, près Canino, de Lutignano, de Livourne, de Sainte-Hospice, près Nice, de Cagliari, etc.

MM. Orsini et A. Spada Lavini (1) rapportent à cette époque le travertin ou dépôt lacustre, qui occupe de grandes étendues dans la province d'Ascoli, depuis Acqua-Santa jusqu'au-delà de Civitella. Ses caractères sont ceux du travertin de Rome et de Tivoli; il est employé aux mêmes usages, et renferme des débris de plantes et de coquilles dont les espèces appartiennent à la faune et à la flore actuelles.

M. Pareto (2) a donné une description succincte du dépôt de cailloux roulés qui s'étend au pied du versant oriental des montagnes de la Corse, recouvrant la plaine, de Bastia à l'embouchure du Fiumalto et se prolongeant au sud jusqu'aux rivières de Travo et de Solenzara. Les roches schisto-talqueuses ont fourni la plus grande partie des matériaux de cette vaste accumulation de débris, et quelques lambeaux du même âge existent vers le haut de la vallée du Golo et au fond du golfe d'Ajaccio. On remarque encore des amas de cailloux au débouché de plusieurs torrents, et le savant géologue italien ne serait pas éloigné d'attribuer leur origine à d'anciens glaciers. Iles de Corse, Sardaigne et Pianosa.

En Sardaigne, les sables de cette époque reposent sur les marnes sub-apennines, non loin de la côte actuelle. Ils sont analogues à ceux d'Antignano, près de Livourne, et du mont Pellegrino, en Sicile. Sur quelques points, ils ont été dérangés et élevés à 20 mètres au-dessus de la mer. On les observe aussi dans cette île comme en Étrurie, au-dessus des laves qui recouvrent la formation tertiaire sub-apennine (3).

L'île de Pianosa (4), située à l'est de la Corse et au sud de l'île d'Elbe, est sub-triangulaire et élevée de 20 à 25 mètres au-dessus de la mer. Elle est composée de couches peu anciennes, et sa sur-

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 408. 1845.

(2) *Cenni geognostici sulla Corsia*, etc. (Sans date ni lieu d'impression, mais probablement de 1844 ou 1845.)

(3) De la Marmora, (*Atti della secunda reun.*, etc., p. 124. Turin, 1840.)

(4) Le marquis L. Pareto. *Sulla costituzione*, etc. Sur la constitution géologique des îles de Pianosa, Giglio, Giannutri, Monte-Cristo, etc. (5e *Réunion des savants italiens en* 1843. Pise, 1845. — *Ann. dell' I. et R. università di Pisa*, vol. I, avec cartes et coupes. 1844-1845.)

face est horizontale. Les falaises de l'anse de la Botte, au nord-ouest, montrent de haut en bas : 1° calcaire compacte, jaunâtre, vacuolaire ; 2° calcaire grossier poreux avec fossiles ; 3° sable calcaire endurci avec *Pecten*, serpules et un lit de cailloux à la base ; 4° marne ; 5° argile marneuse et bitumineuse ; 6° marne grise ; 7° argile bitumineuse avec des parties marneuses ; 8° marnes au niveau de la mer et dont on ne connaît pas le *substratum*.

Ces assises, déjà mentionnées par M. de la Marmora, représentent ce qu'il a nommé en Sardaigne le *calcaire méditerranéen*, calcaire qui occupe, en effet, d'assez grandes surfaces sur les côtes de la Méditerranée, dans l'île de Malte (1), et qui peut-être existe en Corse, près de Bonifacio. Elles sont aussi du même âge que la *panchina* que nous venons d'indiquer en Toscane, et qui se montre mélangée de cailloux volcaniques le long de la côte des États de l'Église. Ces dépôts ne se séparent pas toujours nettement de certains bancs tertiaires sur les points où les éruptions volcaniques ne sont pas intervenues, et une étude plus complète de leurs fossiles est encore nécessaire. Ils ne s'élèvent pas ordinairement à plus de 30 ou 40 mètres au-dessus de la mer, et marquent un phénomène assez récent dans le bassin méditerranéen.

Royaume de Naples, etc.

M. Pompeo Interlandi (2) a signalé aux environs de Catane des couches sédimentaires, dont toutes les coquilles appartiennent à des espèces qui vivent encore dans la Méditerranée. Il en est de même de celles dont madame J. Power (3) a fait connaître les fossiles aux environs de Melazzo.

Dans son *Essai comparatif des terrains qui composent le sol de l'Italie* (4), M. L. Pilla a distingué un dépôt de transport diluvien dans le Piémont, la Lombardie, les Apennins et la Pouille, puis des blocs erratiques qui le surmontent (5). Le premier serait dû à

---

(1) On a recueilli dans l'île de Gozo deux portions d'une molaire de l'*Elephas primigenius*, incrustées dans une stalagmite adhérente au rocher. Cette île et celle de Malte auraient-elles été autrefois réunies au continent ? (*L'Institut*, 30 juin 1847.) — La description très détaillée qu'a donnée M. Spratt de l'île de Malte (voyez *posteà* au terrain tertiaire) n'y indique pas cependant l'existence de dépôts quaternaires.

(2) *Atti dell' Accad., gioen. di Catania*, vol. XIII, p. 207. 1839.

(3) *Ibid.*, vol. XIV, p. 121. 1839.

(4) *Saggio comparativo*, etc. in-8. Pise, 1845.

(5) M. Tenore a indiqué des blocs erratiques de roches cristallines, reposant sur les calcaires crétacés de la Basilicate. (5° *Congrès scien-*

des agents aqueux, et les seconds auraient été lancés dans les airs lors du soulèvement du Mont-Blanc, du Mont-Rose, etc., pour retomber là où nous les trouvons aujourd'hui. Ainsi nous avons vu que, suivant les uns, ces blocs avaient été transportés par des masses solides, suivant d'autres, par des courants semi-fluides ou boueux, ou bien tout à fait liquides; enfin M. Pilla, se ralliant à l'idée de Deluc, les fait arriver à travers les airs, sans doute, par l'impulsion des gaz !

Les dépôts quaternaires stratifiés sont en partie d'eau douce et en partie marins. Les premiers sont les travertins anciens du royaume de Naples, des États de l'Église et de la Toscane; les seconds se trouvent dans tout le royaume de Naples (Pouzzoles, Ischia, Tarente, Sicile méridionale). A la montagne de l'Ascension, il y a de ces couches qui atteignent jusqu'à 965 mètres d'altitude, d'après M. Pilla (1). Sur certains points, elles recouvrent la formation tertiaire sub-apennine et renferment des coquilles et des débris de végétaux, dont les espèces vivent dans le pays; sur d'autres, la cause qui les a produites agit encore et en forme de semblables (2).

Cavernes à ossements, brèches osseuses et paléontologie.

M. T.-A. Catullo (3), qui s'est beaucoup occupé des diverses parties de l'histoire naturelle des provinces Vénitiennes, n'a point négligé ce qui se rattachait aux cavernes à ossements, et ses publications sur ce sujet contiennent beaucoup de renseignements précieux qui seront consultés avec intérêt. Son dernier ouvrage surtout, dans lequel, après avoir rappelé les diverses opinions des naturalistes, il décrit successivement toutes les cavernes à ossements du Bellunais, de l'Alpago, du Véronais et du Vicentin, ainsi que les débris de mammifères qu'il y a recueillis, se recommande à l'attention des géologues et des zoologistes.

---

tifique des savants italiens à Naples en 1845. — *L'Institut*, 1er avr. 1846.)

(1) Nous avons supposé que la mesure employée par l'auteur, qui donne 3678 pieds, était le pied de Naples, lequel équivaut à 0m,26367.

(2) *Sopra una singolare formazione*, etc. Sur une formation singulière de calcaire lacustre au milieu des Apennins de Mainardi. (*Ann. civili del regno delle Due Sicilie*, fasc. 4.)

(3) *Caverna ossifera di Cerè nel Veronese*. Padoue, 1842. — *Sulle caverne di Costoza nel Vicentino*. (*Nuovi ann. delle sc. nat. di Bologna*. 1840.) — *Sulle caverne delle province Venete*, in-4 avec 9 pl. Venise, 1844.

M. P. de Tchihatcheff (1) a mentionné de nouveau les dépôts récents et les brèches osseuses des environs de Nice, dont nous avons vu que M. Nodot s'était aussi occupé (*antè*, p. 221), et que plus anciennement M. T. de la Bèche avait également décrits.

Les calcaires grisâtres, blanchâtres, ou ferrugineux du mont Pisano, en Toscane, calcaires que M. Savi (2) regarde comme appartenant au lias, offrent de grandes cavités, de véritables cavernes, ou des fentes, souvent remplies d'un ciment rougeâtre, spathique, enveloppant des fragments de roches et constituant une véritable brèche où se rencontrent aussi de nombreux ossements. La formation de ces brèches paraît remonter à la catastrophe qui a amené l'état actuel de la montagne, et, d'après leurs fossiles, elles appartiendraient à l'époque quaternaire. M. Agatino Longo (3) a émis l'étrange opinion que les ossements fossiles de la grotte de San-Ciro, près de Palerme, provenaient d'animaux transportés de l'Asie par un cataclysme postérieur à l'époque diluvienne, et qu'à ce moment l'homme existait déjà (4). M. L. Pilla (5) a rappelé dans l'ouvrage que nous venons de citer celles de ces grottes qui avaient été signalées par divers auteurs, telles que la grotte de Billiemi, près Palerme, celles des environs de Syracuse, les grottes de Palinures, dans la Basilicate, etc.

Déjà M. P. Philippi (6), après avoir recueilli 92 espèces de co-

(1) *Coup d'œil sur la constitution géologique du royaume de Naples*, etc. Berlin, 1842.

(2) *Memorie per servire*, etc. Mémoires pour servir à l'étude de la constitution physique de la Toscane. Pise, 1837-1839 — *Sopra una caverna*, etc. (*Nuovo giorn. dei letterati di Pisa*, vol. II, fasc. 23.)

(3) *Giorn. di sc., lett. ed arti per la Sicilia*, vol. LIII, n° 157, p. 124. 1836.

(4) M. H. de Meyer (*a*) a décrit les ossements de mammifères de la caverne de Mardolce près de Palerme, et M. C. Maravigna (*b*) a publié des recherches géologiques et chimiques sur les os fossiles trouvés dans Syracuse. — Voyez aussi : G. C. Alessi, *Sur quelques os fossiles découverts en Sicile* (*Atti dell' Accad. gioen. di Catania*, vol. XIII, p. 31. 1839). — Cristie, (*Philos. Magaz.* et *Ann. des sc. nat.*, déc. 1831). — De la Bèche, *Manuel géologique*, traduct. française, p. 239.

(5) *Saggio comparativo*, etc. Pise, 1845.

(6) *Bull.*, vol. IX, p. 23. 1837. — Voyez aussi : *Series mollus-*

(a) *Neu. Jahrb.*, 1843, p. 181.
(b) *Atti dell' Accad. gioen. di Catania*, vol. XI, p. 80. 1836.

quilles dans une couche d'argile exploitée et provenant de la décomposition de cendres volcaniques, avait conclu de leur examen que l'île d'Ischia avait été soulevée depuis la période sub-apennine, car trois seulement de ces coquilles ne s'étaient pas rencontrées dans la Méditerranée; depuis lors, la comparaison de toutes les espèces tertiaires de la Sicile et de l'Italie méridionale lui a fait admettre que le passage de l'époque tertiaire à l'époque moderne a été parfaitement graduel, et que, sans l'intervention d'aucun bouleversement ni d'aucun changement brusque, certaines espèces avaient disparu de temps en temps et d'autres s'étaient développées jusqu'à l'existence complète de la faune actuelle. Aussi, ce zoologiste distingué n'a-t-il pu établir aucune division dans cette série de dépôts, ni tracer de limites pour séparer les époques tertiaire, quaternaire et moderne (1). Nous reviendrons d'ailleurs plus en détail sur ces conclusions dans la *seconde partie* du présent volume.

Toute la plaine de la partie sud de l'île de Majorque est occupée par un dépôt quaternaire, dans lequel M. de la Marmora (2) a reconnu les mêmes circonstances de gisement et la même variété de composition qu'en Sardaigne. Près de la côte c'est un grès calcaire avec un ciment argileux rougeâtre ou jaunâtre et des coquilles semblables à celles qui vivent encore sur la plage. Cette roche et ses variétés sont également identiques avec celles qui leur correspondent en Sardaigne, en Sicile et en Toscane. Au sud-est de Palma elle s'élève à 10 mètres au-dessus de la mer, et elle sert de fondement à la ville d'Alcudia. En s'éloignant de la côte, le grès, comme dans d'autres localités, devient compacte et passe à un

Iles Baléares.

---

corum Siciliæ, tùm viventium cùm in tellure tertiariâ fossilium. Berlin, 1836. — *Bull.*, vol. IX, p. 25. 1838.

(1) *Remarques sur les mollusques de l'Italie méridionale relativement aux mollusques tertiaires* (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 1. 1846).

(2) *Observations géologiques sur les îles de Majorque et de Minorque* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Turin*, vol. XXXVIII, p. 55, avec cartes. 1835. — Voyez aussi : Risso, *Hist. nat. de l'Europe méridionale*, vol. I, p. 143. — *Journ. de géologie*, vol. III, p. 309-316. — *Bull.*, vol. III, p. 118. — Targioni Tozzetti, *Viaggio in Toscana*. — Dans le golfe de Viticcio et au cap *Alla vita*, dans l'île d'Elbe, il y a encore des dépôts du même âge (*Nuov. giorn. dei letterati*, n°s 70 et 71, p. 31). Le grès de Messine ne serait qu'un accident local dû à des sources minérales sous-marines.

calcaire lacustre rougeâtre avec des Hélices et des Cyclostomes. Dans le voisinage des montagnes, il forme un véritable poudingue, et l'on y trouve, près de Palma, des brèches osseuses à pâte rouge, semblables à celles du midi de la France et de Palerme.

A Ciutadela, dans l'île de Minorque, le terrain tertiaire horizontal s'élève à 40 mètres au-dessus du niveau de la mer, et est recouvert, dans les parties basses, par des lambeaux de couches plus récentes. En résumé l'auteur conclut : 1° que le grès quaternaire appartient à une formation géologique particulière, probablement limitée au bassin de la Méditerranée, où il paraît se montrer partout, mais principalement sur le littoral des continents et des îles ; 2° qu'il est distinct du terrain tertiaire sur lequel il repose transgressivement ; 3° que dans les pays volcanisés il est séparé de ce même terrain tertiaire par les grandes coulées basaltiques qui recouvrent celui-ci (Sardaigne, Sicile), ou bien qu'il fait partie des assises supérieures de tufas ponceux reposant sur les strates tertiaires (Montalto de Canino) ; près de Palerme, où il n'y a point de lave, il est séparé des sédiments antérieurs par un lit de galets du calcaire secondaire de la montagne de Sainte-Rosalie ; 4° que lorsque ce grès prend un développement un peu considérable, il passe, à une certaine distance du rivage actuel, à un calcaire rougeâtre avec coquilles terrestres, tandis que sur la côte les coquilles sont marines ; 5° que malgré son âge géologique comparativement récent, il n'en appartient pas moins à une époque fort ancienne sous le rapport historique, puisque ses couches étaient déjà disloquées lorsqu'on y creusa des tombeaux qui, en Sicile, appartiennent aux temps les plus reculés.

Ce dépôt s'est étendu sur toutes les côtes de la Méditerranée et et des îles, et les dislocations qu'il a subies sont à peu près les mêmes partout où elle se manifestent. Ces dislocations remonteraient à l'apparition des volcans éteints, ou à cratères encore existants, et qui, probablement contemporains en Portugal, en Espagne, en France, en Italie, en Sardaigne, en Sicile, en Grèce, dans l'Asie mineure et la Syrie, « sont caractérisés, dit l'auteur, par ces longues » traînées de bouches ignivomes postérieures aux grandes éruptions » basaltiques et trachytiques, phénomènes dont les derniers » anneaux en Italie semblent se lier à l'époque ténébreuse des » migrations pélagiques. »

Gibraltar. Les roches quaternaires sont très nombreuses et fort intéres-

santes aux environs de Gibraltar. L'assise la plus importante, dit M. J. Smith (1), est un grès rouge avec coquilles récentes, et atteignant jusqu'à 100 mètres d'épaisseur. Il est très dur et composé de grains de quartz cimentés par du calcaire spathique. La brèche qui couvre les flancs de la montagne est formée de fragments calcaires cimentés de même. Certaines parties du sol et des vases agglutinées aussi par du carbonate de chaux renferment des ossements et des coquilles terrestres. Parmi ces brèches osseuses les unes sont fort anciennes et contiennent des débris d'espèces perdues; les autres plus récentes montrent des os humains et des débris de l'industrie humaine. Une fissure située en face de la falaise à Rosia-Bay est la principale localité où se trouvent les ossements. Elle paraît avoir été en relation avec une caverne qu'habitaient les animaux carnassiers, et les eaux qui s'écoulaient par cette cavité remplirent successivement la fente de boue et d'ossements, puis des infiltrations calcaires consolidèrent le tout; mais plus tard des dégradations naturelles ont fait disparaître la grotte. Indépendamment des restes d'animaux déjà connus dans cette brèche (2), l'auteur y cite des os d'éléphant et de l'ours des cavernes.

M. Smith signale des dépôts avec coquilles récentes juqu'à 180 mètres au-dessus de la mer; ils sont en couches horizontales et l'on n'aperçoit point de dislocations en rapport avec ce changement de niveau. Nous avons dit (*antè* vol. I, p. 663) que des changements du même genre avaient été constatés dans l'époque moderne. Quant aux phénomènes quaternaires de la péninsule Ibérique, nous possédons encore trop peu de documents pour en parler ici.

§ 2. Europe centrale.

D'après M. C. Fromherz (3), les dépôts de cailloux roulés occupent dans la Forêt-Noire trois positions différentes. On les trouve dans les Grand duché de Bade.

(1) *On the geology of Gibraltar*, etc. (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 42. 1846.)
(2) De la Bèche, *Manuel géologique*, traduct. française, p. 239.
(3) *Geognostische Beobachtungen*, etc. Observations géognostiques sur les terrains diluviens de la Forêt-Noire et sur les dépôts de cailloux roulés dans cette chaîne, dépôts qui appartiennent aux périodes anté-historiques les plus récentes, in-8 avec cartes. Fribourg, 1842. — *Congrès scient. de France à Strasbourg en* 1842. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 791. 1842. — *Bull.*, vol. XIV, p. 234. 1843.

vallées, sur les hauteurs et sur la pente des montagnes. Dans les vallées ils couvrent souvent toute la largeur du bassin et sont à la surface du sol, excepté lorsqu'il y a des tourbières. Le volume des débris augmente à mesure qu'on remonte les vallées; ils sont mélangés sans aucun ordre et nulle part ne sont stratifiés. La puissance des dépôts atteint jusqu'à 12 et 15 mètres. Ils se présentent dans beaucoup de cas sous forme de digues ou de collines, soit barrant les vallées, soit parallèles à leur axe. Souvent les débris sont irrégulièrement entassés derrière les promontoires ou dans les sinuosités d'une vallée, ou encore accumulés à l'ouverture d'un rameau latéral.

Sur les flancs des vallées on en trouve jusqu'à 100 et 125 mètres au dessus des cours d'eau. Les amas sont d'autant moins puissants que les pentes sont plus rapides, et ils manquent dans les rétrécissements de la vallée. Ils sont aussi fort épais dans les vallées qui descendent des hautes montagnes, faibles au contraire dans celles qui ne sont pas dominées par des massifs élevés. Les circonstances qui ont été le plus favorables à ces accumulations sont les vallées dont les roches se désagrégent facilement et dont la pente, très forte dans le haut, diminue sensiblement vers le bas.

Ces débris sont composés de gneiss, de granites, de syénites, de serpentines, de diorites, etc., qui constituent la chaîne, et tout prouve que c'est dans la Forêt-Noire elle-même qu'il faut chercher l'agent qui les a transportés (1).

L'auteur attribue la formation des dépôts erratiques à des débâcles de lacs aujourd'hui disparus. Il signale particulièrement douze ou treize de ces lacs, ainsi que la direction des courants qui en sont partis lors de la dernière débâcle. Ces courants ont dû provenir d'un débordement des lacs qui occupaient les hautes vallées avant et pendant la première formation des atterrissements diluviens. Il ne paraît exister dans la Forêt-Noire aucune trace d'anciens glaciers ni de blocs erratiques, et les amas de gravier qu'on y observe n'ont rien de commun avec les moraines déposées par les glaciers, sous le rapport de la composition, ni sous celui de la forme. Quant aux roches polies des pentes inférieures des vallées, elles n'ont point le caractère de celles qui ont été usées et frottées par des masses de glaces. L'amas de blocs situé près de Geroldsau, non loin de Baden,

(1) Nous devons à l'extrême obligeance de M. Ch. Martins l'analyse de cette première partie de l'ouvrage de M. Fromherz.

n'est point pour M. Frommherz une ancienne moraine, comme l'a pensé M. Agassiz, mais une simple accumulation locale de débris due à l'action des eaux. L'auteur a insisté en outre avec beaucoup de détails sur les caractères des diverses espèces de surfaces polies ou striées produites par les eaux, par les failles ou les glissements de couches, par les glaciers, etc.

Il serait à désirer que les mêmes géologues pussent étudier à la fois la Forêt-Noire et les Vosges, car il est peu probable que les phénomènes, qui ont accumulé tant de débris au pied de ces deux petites chaînes si semblables, et qu'on pourrait appeler jumelles, soient dus à des causes différentes. Tout porte à présumer que la théorie qui sera vraie pour l'une le sera également pour l'autre. Un point sur lequel nous avons déjà insisté aussi est la nécessité de chercher quels sont les rapports de position des détritus erratiques des Vosges et de la Forêt-Noire avec le lehm et avec le dépôt de cailloux roulés de la vallée du Rhin, pour arriver à connaître l'âge relatif et l'âge absolu des uns et des autres.

Ne possédant que peu de renseignements sur les publications qui traitent du terrain diluvien des divers États de l'Allemagne, nous les énumérerons de la manière suivante :

GENGENBACH. — *Dent d'*Ursus spelæus *dans le* loess *du Brisgau.* (*Verh. d. Basel naturf. Ges.*, 1838-40, p. 81.)

H. DE MEYER. — *Sur des os d'*Ursus arvernensis *dans les dépôts arénacés de Mosbach.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 458.)

P. MERIAN. — *Sur quelques ossements supposés de baleine dans les alluvions du Rhin.* (*Ber. ub. d. Verh. d. naturf. Ges. in Basel* 1842, p. 107. Bâle, 1843.)

H. DE MEYER. — *Sur les ossements de mammifères et d'homme, des sables de Mosbach qui font partie du* loess. (*Neu. Jahrb.*, 1839, p. 78. — *Id.*, 1841, p. 241. — *Id.*, 1843, p. 582.)

D'ALTHAUS. — *Sur des restes de tortue* (*Emys*), *de cerf, de buffle, etc., trouvés dans des tourbières près de Durrheim.* (*Neu. Jahrb.*, 1834, p. 537. — *Ib.*, 1835, p. 63.)

H. DE MEYER. — *Sur les ossements de mammifères, etc., des amas de minerai de fer en grains d'Altstatt près de Moesskirch, et sur les ossements des tourbières d'Enkheim*

et de Durrheim (*Neu. Jahrb.*, 1836, p. 59. — *Id.*, 1841, p. 459.)

— — *Des restes de Marmotte qui paraissent se rapporter à l'espèce des Alpes ont été trouvés dans le diluvium de Mosbach près Wiesbaden et de Kœstrich près Mayence, et sembleraient prouver que ces animaux ont vécu dans diverses parties de l'Allemagne, qui n'étaient pas à plus de* 300 *mètres au-dessus de la mer.* (*Neu. Jahrb.*, 1847, p. 181. — *Bibl. univ. de Genève*, vol. V, 383. 1847. — *L'Institut*, 10 nov., *id.*)

KILIAN. — *Défense de Mammouth trouvée dans une île du Rhin, vis-à-vis d'Altripp.* (*Neu. Jahrb.*, 1835, p. 524.)

Prusse rhénane.

BECKS. — *Caverne ossifère découverte dans des roches calcaires entre Brillon et Elberfeld.* (*Taschenb. de Leonhard*, vol. I, p. 98.)

H. DE MEYER. — *Sur les os fossiles des cavernes de la vallée de la Lahn.* (*Neu. Jahrb.*, 1844, p. 431. — *Ib.*, 1846. — *L'Institut*, 23 juin 1847.) L'auteur a reconnu 53 espèces différentes près de Stetten. Sur 30 espèces de mammifères recueillies dans les cavernes, 12 ont disparu du pays; 15 espèces d'oiseaux, 7 espèces de batraciens, et 1 espèce de poisson sont probablement identiques avec celles qui existent encore en Allemagne. Dans les caractères généraux de cette faune on reconnaît ceux des animaux de l'hémisphère oriental, et M. de Meyer conclut que la faune diluvienne de la vallée de la Lahn, et probablement celle de toute l'Europe, se compose : 1° d'espèces identiques avec celles qui vivent encore aujourd'hui dans le même pays; 2° d'espèces dont les identiques ne vivent plus que dans d'autres régions; 3° d'espèces éteintes dont les analogues se trouvent aussi à l'état fossile en Asie et en Afrique, mais avec d'autres espèces qui vivent en Europe. Ces faits sont donc directement contraires à l'hypothèse qui admet que les espèces ont disparu par des catastrophes violentes et des changements subits de température, et ils s'accordent au contraire avec les conclusions auxquelles deux autres zoologistes très distingués, M. Bronn (*antè*, p. 243) et M. Philippi

(*antè*, p. 283) étaient aussi arrivés chacun par des voies différentes.

BECKS. — *Observations sur une nouvelle caverne à ossements dans le calcaire carbonifère, entre les rochers du Moine et de la Nonne (vallée de la Lenne, Westphalie.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 143.)

— — *Sur la présence d'os fossiles de pachydermes, de ruminants et de solipèdes dans le sol alluvial du pays de Munster.* (*Arch. für Miner. de Karsten*, vol. VIII, p. 390, pl. IV et V.)

Dans un mémoire sur les sédiments meubles du nord de l'Allemagne, et en particulier sur ceux qui s'étendent au nord des montagnes du Harz, mémoire dont il n'a encore été publié qu'un court extrait, M. L. Frapolli (1) a fait connaître l'existence de 5 dépôts non stratifiés, résultant de phénomènes distincts et appartenant à des époques différentes. Le *premier* ou le plus ancien comprend divers amas de blocs de quarzites anguleux ou débris éboulés à la suite d'une des dénudations postérieures à la période crétacée. Le *second*, produit par une inondation venue du sud, renferme des galets du Harz, ou de roches situées plus au sud. Ces détritus sont accumulés sur les coteaux qui bordent les grandes vallées occasionnées par des failles, ou sur les pentes inclinées au sud et au sud-ouest des collines. Ils cessent de se montrer au delà du Hackel et du Huywald. Le *troisième* dépôt, composé de galets venus du nord, a été apporté par les courants de la période *arctique*. On y trouve des sables et des cailloux provenant de roches des hautes latitudes, mélangés avec d'autres que les courants ont rencontrés sur leur passage. Ces accumulations de détritus, si puissantes dans le nord de l'Allemagne, n'offrent d'ailleurs que des plaques isolées au nord et au nord-ouest du Harz. Région du Harz.

Le lehm et les blocs erratiques du nord qu'il renferme dans sa masse, ou qui sont répandus à sa surface, constituent un quatrième

(1) *Compt. rend.*, vol. XXVI, p. 200. 1848. — Voyez aussi : *Quelques mots sur la théorie des ridements de la croûte terrestre, sur la nature des terrains meubles et sur la théorie des glaces flottantes.* (*Bull.*, 2[e] sér., vol. V, p. 100. 1847.) La première partie du mémoire de M. Frapolli vient de paraître dans le *Bulletin de la Soc. géologique* (vol. V, p. 210), au moment où ces pages s'impriment, et nous regrettons vivement de ne pouvoir en rendre compte d'une manière plus complète.

dépôt meuble produit par les courants sous-marins de la *période boréale*. Il recouvre les pentes inclinées au nord et mieux encore au nord-est, et même les plateaux les plus élevés de la contrée. Enfin, M. Frapolli nomme *loess* un dépôt différent du précédent et qui résulte d'une inondation plus récente venue du sud, peut être dans l'époque moderne. Il est composé de lehm remanié par les eaux, de bandes de petits fragments anguleux provenant du Harz ou de roches situées plus au sud, et de quelques galets très roulés, d'origine septentrionale. Il existe d'ailleurs un rapport constant entre le relief très accidenté et très varié du sol et la direction supposée des divers courants qui en ont balayé la surface.

La succession de ces dépôts a été établie par des superpositions que l'auteur a observées avec le plus grand soin, et il resterait à rechercher actuellement leurs synchronismes avec des couches d'un âge bien déterminé, pour s'assurer s'il n'y en aurait pas qui fussent antérieures à l'époque quaternaire, et pour distinguer ceux qui peuvent être dus à des causes locales de ceux qui se rapportent à des effets généraux déjà bien constatés; enfin, il serait intéressant de mettre ces divisions géologiques en rapport avec les considérations paléontologiques qui se rattachent à l'époque diluvienne et auxquelles ces divers dépôts ne sont sans doute pas tout à fait étrangers.

M. Fr. Ad. Roemer (1) n'a point reconnu dans le Harz de rochers que l'on puisse regarder comme ayant été striés par les glaces, mais il a constaté dans le zechstein d'Osterode beaucoup de surfaces polies par suite de glissement.

P. GREY EGERTON. — *Lettre sur les cavernes ossifères du Harz et de la Franconie*. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 94.)

Bavière. R. WAGNER. — *Sur une caverne ossifère dans la dolomie de Rabenstein près de Muggendorf*. (*Arch. f. Naturgesch. de Wiegman*, vol. II, p. 96, pl. VI. 1835.)

DE MUNSTER. — *Os de rhinocéros découverts dans la caverne de Rabenstein*. (*Neu. Jahrb.*, 1834, p. 538.)

A. WAGNER. — *Sur les restes fossiles de mammifères dans les cavernes de Muggendorf*. (*Muenchner Gel. anzeig.*, 1839, p. 998.) Ce travail est une indication complète des ossements recueillis dans les cavernes des roches dolomitiques.

---

(1) *Neu. Jahrb.*, 1844, p. 58.

Althaus. — *Sur l'existence des surfaces polies et striées dans le grès bigarré des environs de Marbourg;* mémoire précédé d'une préface de M. de Léonhard sur le même sujet. (*Neu. Jahrb.*, 1837, p. 536.) Hesse.

Ph. Braun. — *Sur les accidents de stratification et les surfaces polies et striées du grès bigarré de Marbourg.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 89.)

— — *Observations sur les surfaces polies des roches et en particulier sur celles du grès bigarré de Marbourg.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 656.)

— — *Théorie générale sur les surfaces polies.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 757-812.) Dans le premier de ces mémoires, l'auteur décrit avec beaucoup de détails les divers polissages que l'on observe sur les roches, et discute leur origine. Il y distingue les effets de la contraction de la matière polie, ceux de son endurcissement et ceux du frottement. Les premiers produisent des surfaces polies par attraction, tandis que les mouvements des roches ignées en produisent par friction. Une troisième classe de surfaces polies résulte d'oscillations occasionuées par les effets de la pesanteur, de l'affaissement ou du glissement des masses.

Dans le second mémoire M. Braun donne l'historique des roches polies et striées déjà signalées, et présente beaucoup d'observations nouvelles sur ce sujet. Les différentes théories que l'on a proposées jusqu'à présent peuvent, suivant lui, se diviser en théorie chimique, mécanique (actions de l'eau, de la glace ou du frottement), en mécanique modifiée et en chimico-mécanique. On distingue de plus le poli intérieur, le poli extérieur, le poli du plan de séparation des couches, le poli de remplissage et le poli de métamorphose. Ces surfaces polies sont recouvertes d'un enduit métallique ou non métallique, simple ou composé. Les polis sont encore vrais ou faux. Ils existent depuis l'origine de la roche ou lui sont postérieurs; enfin ils sont d'origine ignée ou sédimentaire.

— — *Caverne dans le calcaire jurassique de la montagne du Firn (Heuberg) dans le Hohenzollern-Sigmaringen.* (*Neu. Jahrb.*, 1838, p. 571.) Wurtemberg.

— — *Découverte d'une caverne à ossements près d'Erpfin-*

gen, dans le calcaire jurassique. (*Neu. Jahrb.*, 1834, p. 581). On y a trouvé des ossements humains et des débris de grands mammifères.

PLIENINGER. — *Lehm diluvien, supérieur à la mollasse.* (*Wurtembergische naturwiss. Jahres.*, 1847, p. 261.) On a trouvé, en creusant des fondations à Sigmaringen, une dent d'*Ursus spelœus* et des fragments de molaire de *Rhinoceros tichorhinus*, dans un dépôt diluvien reposant sur la mollasse.

G. F. JÆGER. — *Uber die Fossiles*, etc. Sur les mammifères fossiles du Wurtemberg, part. 1[re], in-fol., avec 9 pl. Stuttgard, 1835. Part. 2, avec 11 pl. 1839. — L'auteur a réuni dans l'une et l'autre de ces parties un très grand nombre de documents importants sur les mammifères de l'époque quaternaire, trouvés tant dans les cavernes du calcaire jurassique que dans les dépôts d'alluvion.

H. DE MEYER. — *Sur les ossements de mammifères éteints et d'homme, etc., dans les dépôts superficiels de minerai de fer en grains de l'Albe, de la Souabe.* (*Neu. Jahrb.*, 1837, p. 675.)

Saxe. FRIESLEBEN. — *Sur les gîtes d'os et de dents fossiles de mammifères et d'amphibies, en Saxe.* (son *Magaz. f. d. Oryktog. v. Sachsen*, vol. VII, p. 276. 1836.)

REHBOCK. — *Découverte d'un* Rhinoceros tichorhinus *à Ober-Gebra.* (*Neu. Jahrb.*, 1840, p. 686.)

DE GUTBIER. — *Sur une nouvelle localité d'ossements fossiles près d'Oelsnitz.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 127, 2 pl.)

— — *Sur les dents de* Rhinoceros tichorhinus *trouvées à Oelsnitz* (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 480.)

ZIMMERMANN. — *Sur le quadersandstein de la Suisse saxonne, et sur l'origine des alluvions de la bruyère de Lunebourg.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, p. 705.) Certaines parties du quadersandstein, entraînées lors du creusement des vallées, auraient été former des dunes dans le nord de l'Allemagne.

C. F. NAUMANN. — *Sur le vernis opalin des rochers polis et striés de Kollmen.* (*Neu. Jahrb.*, 1844, p. 680.)

— — *Sur les rochers polis et striés dans l'Erzgebirge.* (*Neu. Jahrb.*, 1844, p. 557.) *Additions*, par Cotta. (*Ib.*, p. 560. — *Ib.*, p. 685.) On observe ces traces

principalement sur les porphyres de Kollmen, de Wurzen, etc., dans les endroits où les argiles alluviales ont empêché l'altération de la surface. Ce sont des cannelures peu profondes, parallèles, de 2 pouces de long. Leur direction est en général celle des crêtes et ordinairement N.-O., S.-E. Il y a aussi des blocs erratiques de porphyres et de grès quartzeux qui présentent des surfaces polies et striées. L'auteur ne voit dans ces effets que l'action des courants déterminés par les soulèvements. Les stries sont antérieures au dépôt du loess. M. Cotta, qui semble adopter l'hypothèse des glaciers pour la Suisse, hésite cependant à l'appliquer au nord de l'Europe.

F. UNGER. — *Observations géologiques sur la caverne à ossements de Badel, près de Peggau.* (*Neu. Jahrb.*, 1844, p. 226.)

GOEPPERT. — *Sur une forêt souterraine découverte près de Breslau.* (*Ubers. d. Arb. d. Schlesisch Ges.*, p. 81. 1841.) Silésie.

BOCRSCH. — *Les dépôts de cailloux et de sable entre Waldenburg et Friburg.* (*Arch. für Miner. de Karsten*, vol. XV, p. 129. 1840.) L'auteur s'est attaché à l'étude détaillée des fragments de roches et des fossiles des dépôts de cailloux roulés pour retrouver leur origine et leur point de départ.

— — *La nouvelle caverne de Rossitten* ou *Kolowrat, dans l'Untersberg en Salzbourg.* Vienne, 1846. Autriche.

AUG. MANDEL. — *Les cavernes de Grasel Hoehle et de Katerborh près de Weitz* (*cercle de Cilly*) *Styrie.* (*Steyermark Zeitsch* 1837 *n. s.*, p. 137.)

J.-J. HUOT. — *Voyage dans la Russie méridionale*, vol. II, p. 259. L'auteur décrit le diluvium des environs de Vienne comme composé de cailloux roulés provenant des derniers chaînons des Alpes. Dans les vallées et dans les plaines il repose sur les marnes bleues; dans les parties élevées du sol, sur les marnes sableuses coquillières, et dans quelques localités sur le calcaire de Leitha. On y a recueilli des ossements d'éléphant.

ZIPSER. — *Découverte de deux cavernes ossifères dans la vallée de Hermann près de Neusohl.* (*Neu. Jahrb.*, 1839, p. 686. — *Id.*, 1840, p. 88 et 210. — *Id.*, 1841, p. 346.) Hongrie.

— — *Sur des os de rhinocéros et d'éléphant trouvés dans le comitat de Sohl, et sur les ossements de mammifères répandus sur une étendue de 8 lieues dans le loess de la Theiss.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 346.)

WIMMER. — *Quatorze cavernes en Hongrie et en Transylvanie.* (*Ann. de Berghaus*, vol. XIV, 3e sér., vol. II, p. 154.)

SCHULER. — *Cavernes dans des calcaires près de Baja d'Arama* (*Petite-Valachie*). (*Neu. Jahrb.*, 1838, p. 33.)

§ 3. Europe orientale.

Grèce.

M. Trevelyan (1) a signalé sur des rochers, dans le voisinage du Mont-Parnasse, des stries et des surfaces polies qu'il attribue à des glissements; et quant aux autres traces d'une ancienne action des glaciers, observées au-dessus de Daulia et que l'on pourrait prendre pour des moraines transverses et longitudinales, elles paraissent résulter de phénomènes atmosphériques de l'époque moderne. Près de Thèbes, d'après la relation qu'en a donnée M. Russegger (2), les conglomérats diluviens forment des collines basses.

Des os fossiles de cheval et de cerf ont été trouvés dans le limon jaunâtre de la vallée de Marathon, limon semblable à celui qui occupe le pied du Pentelikon, où l'on avait recueilli des débris de *Galeotherium*. Cet animal éteint, décrit par M. Wagner, diffère d'ailleurs de celui que M. Jæger a fait connaître dans l'Albe du Wurtemberg (3). Lors de la réunion des savants italiens à Turin, M. Domnando a signalé, dans un dépôt de transport près de Starvati, à quatre lieues d'Athènes, deux espèces de singes et des os de chien, chat, rhinocéros, cochon, cheval, bœuf, cerf et chèvre. M. de Filippi a pensé que les débris rapportés à des singes devaient probablement appartenir à la famille des Lémuriens.

Turquie d'Europe.

A quelques milles au nord de Constantinople, de grands dépôts d'argile, de sable et de cailloux recouvrent les schistes siluriens. Les cailloux roulés et les blocs de quartz et de grès sont enveloppés dans des argiles ferrugineuses. Il n'y a point de stratification distincte, et ces accumulations de débris, bordant le côté méridional

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 203.
(2) *Neu. Jahrb.*, 1839. — *Id.*, 1840. — *Bull.*, vol. XII, p. 200. 1841.
(3) *Neu. Jahrb.*, 1846, p. 639. — *L'Institut*, 10 févr. 1847.



du petit Balkan, se dirigent vers le N.-O. M. Strickland (1) leur a trouvé une grande analogie avec le diluvium d'Angleterre.

M. A. Boué (2) a fait remarquer que jusqu'à présent aucune caverne de la Turquie ni de la Valachie n'avait présenté d'ossements fossiles, quoique quelques unes renferment du limon rougeâtre, et que le mode de remplissage des cavernes ossifères soit encore démontré par les Katavothrons du pays. Le même savant signale, dans les vallées principales de la Bosnie (p. 285), des poudingues puissants le long de la Drina, de la Bosna, de la Laschva et du Verbas. La plaine est couverte d'argile limoneuse ou lehm. Les dépôts de cailloux roulés se voient surtout au débouché des grandes rivières, dont la plupart ont laissé, près de leur embouchure, des traces des changements survenus dans leur cours. Le lehm se montre aussi très étendu dans le bassin de la grande Morava ; il recouvre le terrain tertiaire Serbe le long du Danube, et à l'est de Jagodin et de Tchoupria il forme des espèces de terrasses disposées en gradins.

Le bassin de Novibazar est rempli d'alluvions anciennes et paraît avoir été pendant longtemps un lac fermé vers Doukim-Potok. Le bassin de Pristina est encore une dépression occupée par un dépôt de transport. Le long de l'Adriatique (p. 296), l'Albanie maritime offre, à l'embouchure des grandes rivières, des accumulations considérables de débris et de conglomérats que M. Boué regarde comme postérieures au terrain tertiaire. Les bassins de Prilip et de Bitoglia et tous ceux que décrit le savant voyageur dans la Servie, la Haute-Mœsie et la Macédoine ont une composition peu différente sous ce rapport. La plaine de la Valachie est recouverte d'argile et de gravier, suivant la localité et le voisinage des montagnes, ou des cours d'eau ; au-dessus vient le lehm qui se montre sur les deux rives du Danube. Dans la Thrace, ce dernier dépôt n'est bien marqué que le long des grandes rivières, et d'après les caractères du pays et les trois terrasses que l'on voit autour de la plaine d'Andrinople, on doit penser que cette dépression a été, comme les autres, occupée par des lacs d'eau douce, jusqu'à une époque très récente et peut-être même historique.

« A la sortie des Dardanelles (p. 323), sur le rivage de Téné» dos et de la Troade, derrière Abydos, dans la baie de Sestos, il » y a de ces agrégats coquilliers que l'on connaît sur tout le pour-

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 391.
(2) *La Turquie d'Europe*, vol. I, p. 265. 1840.

» tour de la mer Méditerranée, et qui y indiquent ou un abaisse-
» ment des eaux ou un soulèvement des terres. Comme ils ne ren-
» ferment que des coquillages vivant encore dans la mer voisine,
» cela ne peut être qu'un dépôt alluvial très moderne; nous en
» avons retrouvé des blocs pétris d'Huîtres au nord-ouest de Rodosto
» et au nord d'Erekli (l'ancienne Heraclea), sur la mer de Mar-
» mara. Ils contrastent, par leurs fossiles et leur petite élévation
» au-dessus des eaux, avec les collines tertiaires des mêmes lo-
» calités. »

« En Macédoine, dit M. A. Viquesnel (1), la base du Kara-Dagh
» supporte une corniche formée de marne grise et d'argile rougeâ-
» tre, contenant des fragments de quartz, de schiste argileux, de
» micaschiste, etc. Ce dépôt, dont la puissance peut avoir 50 mètres,
» recouvre le travertin et le terrain tertiaire de la plaine. Un con-
» glomérat de l'époque alluviale, composé de fragments calcaires,
» existe dans la vallée du Raetz, au-dessus du terrain tertiaire, à la
» hauteur de 812 mètres, et se montre au même niveau sur le
» revers opposé du col de Pléfar. Le pourtour du lac d'Ostrovo se
» trouve aussi encroûté d'un conglomérat calcaire dont les restes
» démantelés subsistent à l'altitude de 617 mètres, sur les flancs du
» Nidjé, et forment le contrefort de Vladova. Dans la même cavité,
» des sédiments moins grossiers se rattachent presque sans inter-
» ruption aux précédents, constituant, entre Konouïé et Kaïlari,
» une colline qui s'élève à 32 mètres au-dessus de la plaine, dont la
» hauteur absolue est de 520 mètres. A l'époque où ces roches se
» déposaient, les eaux de Kaïlari et d'Ostrovo se déversaient dans
» le lac de Télovo par-dessus la colline de Vladova qui sépare au-
» jourd'hui complétement les deux bassins. En Albanie, ces con-
» glomérats à fragments calcaires se sont formés sur les bords du
» lac de Skoutari, dans les vallées de l'Hismo, du Desnitza, du
» Konitza, etc. »

Russie méridionale. J.-J. Huot (2) et M. Blédé (3) ont donné quelques détails sur

(1) *Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe*, 2e partie. (*Mém. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. I, p. 291. 1846. — *Bull.*, vol. XIV, p. 287. 1843.)

(2) *Bull.*, vol. X, p. 230. 1839. — *Voyage dans la Russie méridionale sous la direction de M. A. Demidoff*, vol. II, p. 460. — *Précis de géographie universelle*, vol. III, p. 597. 1840.

(3) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. VI, p. 1. 1839 (publié en 1842).

les dépôts marneux ou argilo-sableux et noirâtres qui recouvrent les couches tertiaires de la Moldavie et de la Bessarabie, et M. R. Hermann (1) a fait connaître la composition du terreau noir, ou *tschornoïzem*, qui constitue, dans le midi de la Russie, une vaste nappe, peu épaisse, mais d'une remarquable uniformité. Elle suit, au nord, à peu près la limite du terrain tertiaire, et s'étend depuis le pied des Carpathes, à Kamenitz-Podolsk, jusqu'à l'Oural, constituant ainsi une surface de plus de 80 millions d'hectares du sol le plus fertile. C'est le champ, et en quelque sorte le potager de la Russie, qui nourrit plus de 20 millions d'habitants et qui verse ensuite annuellement à l'étranger et sur les autres parties de l'empire 20 millions d'hectolitres de céréales (2). **Terreau noir ou *tschornoïzem*.**

Le *tschornoïzem*, dit sir R.-J. Murchison (3), est limité au nord par une ligne sinueuse, passant près de Kief et de Tchernigof, un peu au sud de Lichwin. Il se montre vers le 54° lat. N., s'avance à l'E. vers le 57° long., et occupe la rive gauche du Volga, entre Nijny-Novogorod et Kasan. On le trouve le long de la Kama, et autour d'Ufa, puis au pied oriental de l'Oural, et il se prolonge à l'est dans les plaines de la Sibérie, jusqu'à des distances inconnues. Sa limite, au sud, n'est pas non plus très bien déterminée. Ainsi il n'existe pas entre Orenbourg et l'embouchure du Volga, au moins dans la partie que le célèbre géologue a parcourue avec ses collaborateurs, MM. de Verneuil et de Keyserling, ni au sud de Tzaritzin, et, sauf quelques lambeaux, il manque également sur le versant méridional de l'axe d'élévation ou steppe granitique située entre le Dnieper et le Don. M. Strangways a observé le *tschornoïzem* à l'embouchure du Danube, en Podolie et dans l'est de la Gallicie, sur les basses steppes du Caucase et à l'est de la mer d'Azof, ou entre cette mer et la Caspienne, et surtout à l'embouchure du Kuban et du Terek, autour des marais salés.

Le terreau noir repose sur des roches de tous les âges, se rencontre à tous les niveaux, sur le sommet des plateaux ou sur les

---

(1) *Journ. d'Erdmann*, vol. XII, p. 277.

(2) *Extrait d'une lettre de M. le baron de Meyendorf à M. Élie de Beaumont.* (*Ann. des mines*, vol. XX, p. 233. 1841. — *Bull. de la Soc. de géographie*, vol. XV, p. 379. 1841.)

(3) *Journ. roy. agric. Soc. of England*, vol. III, p. 1. 1842. — *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 713. — *The geology of Russia in Europe*, par MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, vol. I, p. 557. 1845.

pentes des vallées, et, sur la limite méridionale de la grande formation erratique du nord, il recouvre les cailloux et le gravier qui y constituent cette dernière. Partout les escarpements des ravins montrent qu'il est plus récent. Son épaisseur est très variable et atteint quelquefois 5 à 6 mètres. La terre noire de la Hongrie paraît en être le prolongement occidental, et ses propriétés ont la plus grande analogie avec celles du *regur* ou *terre noire à coton* de l'Inde, dont nous parlerons ci-après.

Le *tschornoïzem* est noir lorsqu'il est humide, et prend une teinte ferrugineuse quand il est sec. Il se compose d'une très grande quantité de silice (environ 3/4), puis de $\frac{1}{11}$ d'alumine, d'un peu de chaux, de $\frac{1}{18}$ de fer, et d'une portion notable de matières végétales. L'analyse a donné 6,95 de matières combustibles et 93,05 de substances inorganiques. La matière organique combustible a fourni 2,45 d'azote, proportion très considérable, et à laquelle est due sans doute la grande fécondité du sol.

L'opinion générale en Russie, opinion qui a été adoptée par plusieurs savants, est que ce sol résulte de la destruction de forêts ou de végétaux; mais MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, en faisant remarquer l'uniformité de ses caractères, sa position à diverses hauteurs, et l'absence de toute trace de racine ou de fibre végétale, rejettent complétement cette explication. Ils ne pensent pas non plus qu'on puisse le comparer au lehm de l'Allemagne ou à l'alluvion ancienne de la Belgique et du nord de la France, comme l'a dit M. Élie de Beaumont (1), et comme nous serions porté à l'admettre nous-même.

Aucun fragment roulé ne se trouve dans le terreau noir; sa composition diffère de celle du lehm, et il ne renferme point de coquilles fluviatiles et terrestres, si fréquentes dans ce dernier dépôt; aussi les auteurs supposent-ils que, pendant que la formation erratique du nord s'accumulait, le *tschornoïzem* se déposait au-delà, vers le sud, comme une vase, sous des eaux peu profondes et tranquilles où les éléments du *drift* (blocs, cailloux et gravier) ne pouvaient plus arriver. La teinte du dépôt serait due à la destruction des argiles jurassiques qui sont noires dans tout le nord et le centre de la Russie, et qu'auraient charriées au sud les courants qui avaient abandonné les plus petits graviers. L'absence de coquilles marines s'expliquerait par cette raison, qu'après leur émersion, les parties centrales de la

(1) *Compt. rend.*, vol. XIV, p. 99. 1842.

Russie, lentement soulevées, ont pu rester longtemps sous forme de vase ou de boue avec peu d'issue pour les eaux, de sorte que les débris de testacés, s'il en a existé, ont pu être décomposés par l'action de l'eau et de l'atmosphère. Ce serait, en un mot, un dépôt d'origine aqueuse, et qui, une fois au contact de l'air, aurait été modifié, et cela avant l'établissement des hommes dans le pays. Aussi M. Murchison n'admet-il point la manière de voir de Huot, qui rapporte ce dépôt à l'époque actuelle et l'attribue à la décomposition à l'air libre des végétaux qui se sont succédé à la même place, pendant un laps de temps très considérable (1). Mais, un moyen peut-être plus sûr de déterminer le mode de formation du *tschornoïzem* serait de rechercher, indépendamment de sa superposition aux cailloux roulés du nord, ses rapports avec les dépôts meubles dont nous allons parler, et dont l'âge et l'origine, des deux côtés de l'Oural, ont été si parfaitement exposés par les auteurs de la géologie de la Russie d'Europe.

Ancien périmètre de la Caspienne et de la mer Noire.

Aux environs d'Odessa, Huot (2) a signalé des argiles rouges avec des cailloux composant un dépôt fort étendu qui paraît se prolonger en Crimée, où il atteint une épaisseur de 7 à 10 mètres. Des ossements d'*Elephas primigenius* y ont été rencontrés, et le remplissage des nombreuses cavernes de cette presqu'île serait aussi du même temps.

Après l'élévation du *calcaire aralo-caspien*, auquel nous conserverons le nom de *calcaire des steppes* que lui avait d'abord imposé M. de Verneuil (3), et qui constitue la formation tertiaire supérieure de la Russie méridionale, la mer Caspienne s'étendait sur une surface beaucoup plus considérable que celle qu'elle occupe aujourd'hui, car elle était réunie à la mer Noire (4). Elle couvrait, en effet, la steppe inférieure d'Astrakhan, entre l'Oural ou Jaïk et le Volga, puis se prolongeait à l'ouest sur le pays des Kalmouks, entre les mers Caspienne et d'Azof, et jusqu'au-delà de Kherson. Au sud, cette mer baignait encore le pied du Caucase.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 460. — Voyez aussi : Sur le terrain de transport de la Russie, les blocs erratiques et le terreau noir; M. Wolkoff, *Introduzione ad uno studio geologico*, etc. Introduction à une étude géologique de la chaîne de l'Oural, p. 33, in-8. Naples, 1844?

(2) *Loc. cit.*, p. 457.

(3) *Mém. géologique sur la Crimée.* (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. III, p. 12. 1838.

(4) *The geology of Russia in Europe*, vol. I, p. 314.

La steppe située au nord d'Astrakhan, entre l'Oural et le Volga, n'est probablement qu'un fond de mer desséché. Elle est occupée par des sables de diverses sortes et par des argiles sablonneuses avec des débris de coquilles dont quelques unes vivent encore dans la Caspienne (*Mytilus polymorphus*, *Adacna edentula*, Eichw., *Didacna trigonioides*, id.). Le niveau moyen de cette plaine n'est pas à plus de 15 mètres au-dessus de la Caspienne, et par conséquent à plus de 9 mètres *au-dessous* de l'Océan. Des cavités très évasées, résultant de l'action des vagues et que l'on voit à deux niveaux différents sur le côté oriental du mont Bogdo, prouvent que cette ancienne dépression, occupée par la mer, a été soulevée à deux reprises.

La steppe basse du Caucase paraît être composée comme la précédente. Elle renferme beaucoup de sel, mais qui n'aurait pas la même origine que celui de la steppe d'Astrakhan. Les portions les plus salifères, tels que les bords de la Kama, doivent cette propriété à des cavités remplies de boues marines, dans lesquelles une certaine quantité de sel est disséminée. Après les grandes pluies, et dans certaines saisons, elles donnent lieu à des efflorescences salines. Ce caractère des marais salés de la côte occidentale de la mer Caspienne, qui ne produisent jamais de bancs de sel comme les lacs de Bogdo, d'Elton et d'Inderk, avait été déjà signalé par Pallas.

Les dépôts meubles des basses steppes, plus récents que le calcaire des steppes, sont intimement liés à la faune actuelle de la Caspienne, et des ossements de Mammouth (*Elephas primigenius*) y ont été recueillis. Les *Mytilus* et autres coquilles adhérentes qui les recouvraient prouvent assez que ces grands animaux vivaient sur les rivages voisins, lorsque la Caspienne occupait la steppe d'Astrakhan (p. 384). Au nord de cette dernière, M. Jasikoff a découvert un dépôt de la même époque, et qui, situé sur la rive gauche du Volga, entre Stavropol et Spask, aurait formé le *bassin de Bulgar*, complétement séparé de ceux du sud par les roches carbonifères et permiennes.

D'après les fossiles qu'a rapportés M. Basiner, les couches marines de la partie élevée du plateau d'Ust-Urt, qui sépare la Caspienne de la mer d'Aral, seraient du même âge que les dépôts tertiaires moyens de la Podolie, de la Bessarabie et de Taganrog, et devaient former une île entourée par la grande Méditerranée aralo-caspienne. Les bancs qui renferment les coquilles actuelles de la Caspienne s'élèvent à 50 et 65 mètres au-dessus du niveau

de la mer d'Aral et forment une sorte de falaise ou banquette inférieure, à la base du plateau d'Ust-Urt. Leur élévation s'accorderait aussi avec celle des couches contemporaines sur les côtes de la mer Noire et de la mer d'Azof (p. 326). M. Khanikoff pense qu'il n'y a point de différence entre les niveaux de l'Aral et de la Caspienne, tandis que, suivant d'autres observateurs (p. 321), la première de ces mers intérieures serait à 35^{m},66 au-dessus de la seconde, ou à 10^{m},11 au-dessus de la mer Noire.

Des débris d'éléphants et d'autres quadrupèdes éteints ont été rencontrés dans la Russie d'Europe, sur de très grandes étendues (p. 501) comme dans diverses parties du globe ; les races éteintes y présentent quelques types qui rattachent ces anciennes terres à celles de l'ouest, et qui sont associés en même temps à des formes propres au pays. Ainsi, tandis que cette région de l'Europe a l'*Elephas primigenius* en commun avec l'Amérique, l'*Elephas primigenius*, le *Rhinoceros tichorhinus*, le *Trogontherium*, le castor, l'ours, l'élan, etc., sont communs aux îles Britanniques, et elle possède exclusivement le *Merycotherium* et l'*Elasmotherium.*

Les parties centrales et méridionales de la Russie n'ayant point de chaînes de montagnes élevées, et par conséquent de détritus incohérents, grossiers, semblables à ceux des flancs de l'Oural, le dépôt de transport avec débris d'éléphant prend le même aspect que dans les plaines de la Sibérie, où il est également éloigné des causes perturbatrices. Cependant il n'en constitue pas moins des accumulations de débris considérables sur les bords des principaux cours d'eau et sur les plateaux. Quelquefois le dépôt de transport argileux passe vers le haut à un limon qui, sur certains points, peut être représenté par le terreau noir. Enfin, la falaise de Taganrog offre une bonne coupe des couches avec ossements d'éléphant. Leur épaisseur est de 15 mètres, et elles reposent sur un banc sablonneux rempli de coquilles fluviatiles peu différentes, si même elles ne sont les analogues de celles qui vivent encore dans les eaux du Don. Le tout recouvre le calcaire des steppes qui vient effleurer à la base de l'escarpement (1).

---

(1) Note paléontologique. — *Sur les gisements connus d'ossements fossiles dans la Russie méridionale*, par M. A. Nordmann, suppl. au *Rapport sur les travaux de l'Académie de Saint-Pétersbourg pour* 1842. — *L'Institut*, 14 sep. 1843. L'auteur avait

Les mêmes phénomènes que M. Hommaire de Hell (1) avait observés sur les côtes septentrionales de la mer Noire ont été reconnus par lui sur le littoral de la Bulgarie, de la Romélie et de l'Anatolie. Partout il y existe des traces d'une plus grande élévation de niveau dans les eaux de la mer Noire, traces qui se composent de dépôts modernes, tous à peu près à la même hauteur (25 à 30 mètres) et renfermant des coquilles qui vivent encore sur la côte. Aussi le savant voyageur admet-il l'ancienne fermeture du Bosphore, puis sa rupture, de préférence à un soulèvement complet et régulier de tout le périmètre du Pont-Euxin et de la mer d'Azof.

---

adressé une note sur ce sujet à l'Académie des sciences, mais tous les détails qui lui donnaient un véritable intérêt ont été supprimés dans le compte rendu de la séance du 18 oct. 1847 (vol. XXV, p. 553). Les ossements recueillis proviennent de 160 individus, appartenant à 27 espèces. Les noms de localité et de genre rapportés ailleurs (*L'Institut*, 20 oct. 1847) n'indiquent point non plus la distribution de ces genres dans chaque couche. — Fischer de Waldheim, *Ossements nombreux de Mammouth trouvés en* 1839 *non loin de Nedrigaïloff, sur les limites des gouvernements de Kharkoff et de Poltawa.* — *Coup d'œil géognostique sur le nord de l'Europe*, etc. Berlin, 1839. — *Bull. Soc. imp. natur. de Moscou*, 1840, p. 57. — H. Rathke, *Sur les os fossiles du mont Smeinogorsk ou montagne des Serpents.* Moscou, 1834. — *Débris de baleine et d'éléphant dans la presqu'île de Taman, dans la montagne de Takal, à 7 verstes des ruines de Coroconan.* (*Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, vol. II, 1833-35. — *L'Institut*, 21 déc. 1836. — Ed. Eichwald, *De pecorum et pachydermarum reliquiis fossilibus in Lithuania, Volhynia et Podolia repertis.* (*Nov. act. phys. nat. cur. nat.*, vol. XVII, p. 675. 1835.) — Comte de Keyserling, *Restes d'*Elasmotherium *trouvés à Surico, non loin de la mer Caspienne.* (*Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 816. — *L'Écho*, 18 sept. 1842.)

(1) *Compt. rend.*, vol. XXVI, p. 145. 1848.

CHAPITRE VII.

TERRAIN QUATERNAIRE DE L'ASIE.

§ 1. Chaîne de l'Oural.

Alluvions ou dépôts aurifères.

On attribue à l'action des agents atmosphériques la destruction successive des sommités de l'Oural et l'accumulation dans les vallées qui en descendent des amas de détritus que l'on y observe (1). C'est dans ces dépressions que l'on trouve des alluvions ou dépôts aurifères et platinifères, débris des filons que renfermaient les roches des sommets et que la nature a pris pour ainsi dire le soin de bocarder elle-même, et d'offrir à l'homme dans l'état le plus favorable à l'exploitation.

Les alluvions d'or et de platine se rattachent visiblement aux points qui les ont produites et dont elles s'éloignent fort peu. Les principaux gisements sont groupés autour de certains centres particuliers. C'est ainsi que les alluvions aurifères de Bogoslofsk forment un système à part; celles de Néviansk et de Goroblagodat également; celles de l'Isset et de la Pischma se relient aux exploitations d'or en roche de Berezofsk, comme les sables aurifères de l'Oural méridional sont réunis autour de Miask, où se rencontrent aussi des indices d'or en roche. Les alluvions aurifères sont d'autant plus rares, que l'on s'éloigne davantage de la chaîne principale dont le versant oriental est infiniment plus riche que le versant opposé.

Comme la plupart des découvertes du même genre, celle des sables aurifères de l'Oural est due au hasard; ce fut en réparant des appareils de la mine de Clutchefsk que la première indication en fut signalée. On n'y donna point de suite d'abord; mais, en 1823, les exploitations prirent une certaine extension; elles devinrent productives, et depuis lors elles n'ont fait qu'augmenter rapidement.

Les alluvions aurifères occupent les dépressions voisines de la

(1) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. I, Introduction. 1835 (publié en français en 1840). — *Remarques pratiques sur les sables aurifères*, *ib.*, vol. VI, p. 122 (1839-1842). — Voyez aussi : de Humboldt, *Asie centrale*, vol. I, p. 433, 489 à 500. 1843.

chaîne, et y forment des couches où l'or est mélangé mécaniquement avec des débris de roches et de l'argile auxquels se joignent presque toujours le sable magnétique, puis le platine, l'iridium osmié et natif, le cinabre, la pyrite de fer, le fer oxydé hydraté, le fer oxydulé titanifère, le fer chromé, le fer oligiste, le titane rutile, l'anatase, le manganèse, la pyrite cuivreuse, le cuivre sulfuré, le cuivre natif et le plomb sulfuré. Quant aux minéraux non métalliques, ce sont: le cristal de roche, la cornaline, la calcédoine, la magnésie carbonatée, l'amphibole, l'actinote, l'épidote, le grenat, la serpentine, l'asbeste, le diallage, le corindon et le diaspore. Les diamants n'ont été trouvés que dans trois localités (1). L'or est en morceaux ou pépites de diverses grosseurs et de diverses formes, puis en grains et en paillettes, soit isolés, soit adhérents à des morceaux de quartz.

Ces alluvions reposent directement sur toutes les espèces de roches, mais plus rarement sur le granite et la syénite que sur les autres. Les sables sont au fond des vallées, des deux côtés de la ligne de faîte, et constituent trois ou quatre bandes parallèles à la direction de la chaîne, sur une longueur d'environ 106 lieues. Dans chaque exploitation il n'y a ordinairement qu'une couche aurifère; lorsqu'il y en a deux, elles sont placées immédiatement l'une au dessus de l'autre. Dans le sud de l'Oural les vallées sont à pentes escarpées, mais partout ailleurs les dépôts aurifères occupent des dépressions à fond plus ou moins plat. Outre les fragments de roches environnantes, les sables en contiennent d'autres apportés de parties éloignées de la chaîne. Les premiers sont anguleux et souvent d'un volume très considérable; les seconds, au contraire,

---

(1) La première découverte du diamant dans l'Oural remonte au 5 juillet 1829, et a été faite par M. Schmidt sur le versant occidental de la chaîne, à 200 verstes à l'est de Perm, dans le domaine de la princesse Butera (district de Bissersk). La couche aurifère qui renferme des diamants a été signalée à tort, par M. Rose, comme étant une dolomie presque noire avec carbone, etc. (voyez *posteà* p. 308). De 1829 à 1834, 41 diamants ont été recueillis dans le ravin d'Adolfskoï. On en a trouvé ensuite dans les terres de M. Medger et dans les mines de Goroblagodat. (*Gazette de Saint-Pétersbourg*, 9 nov. 1839. — De Humboldt, *Asie centrale*, vol. I, p. 520. — *Gornoï Journ.*, vol. II, p. 44. 1831. — *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. V, p. 373. 1838; *Id.*, vol. VI, p. 401. 1839. — *Mém. de l'Acad. des sc. de Saint-Pétersbourg*, 6e sér., vol. III. — *L'Institut*, 24 févr. 1836. — *Actes de la Soc. helvét. des sc. nat.* 1837.)

sont roulés et plus ou moins arrondis. On y rencontre aussi des blocs dont les surfaces sont polies, mais point de coquilles fossiles ni de débris d'animaux de l'époque moderne, au moins d'une manière certaine. Les objets d'industrie humaine, les bois de cerf, etc., n'ont été signalés qu'au dessus des alluvions aurifères proprement dites. L'épaisseur des couches est assez constante ; elle ne dépasse pas 2^{m},13 et n'est pas moindre que 0^{m},18. Leur étendue en longueur est de 20 à 600 mètres, et leur largeur n'excède pas 20 mètres. La quantité d'or varie d'un point à un autre, et l'on n'exploite pas les alluvions qui contiennent moins de $\frac{1}{194900}$ d'or. Les exploitations se font en général à ciel ouvert.

L'arrondissement minier de Bogoslofsk, où les sables ont été exploités pour la première fois en 1823, a donné son plus grand produit en 1830 (55 *pouds*, 34 *liv.*, 5 *zolon.*), par le lavage de 4515243 *pouds* de sable. Depuis lors la teneur a constamment diminué. Les produits de l'arrondissement de Goroblagodat ont aussi diminué, tandis que dans celui d'Ekaterinbourg, où l'on avait commencé à exploiter en 1814, ils se sont soutenus, et que dans celui de Zlataoust la quantité d'or a toujours été supérieure à celle des autres arrondissements. De 1831 à 1835 inclusivement, cette quantité a atteint les 2/5 de la totalité produite par toute la circonscription minière de l'Oural, laquelle a été pendant ces cinq années de 748 *pouds*, 10 *liv.*, 53 *zolon.* (12196 kilogr. 54 gr.). De 1827 à 1834, les usines particulières de la même circonscription avaient donné 1512 *pouds*, 34 *liv.*, 78 *zolon.* (24780 kilogr. 578 gr.). En 1837 les usines de l'Oural ont produit 314 *pouds*, 23 *liv.*, 70 *zolon.* d'or, et 118 *pouds*, 28 *liv.*, 63 *zolon.* de platine (1).

(1) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. V, p. 335. 1838. — Voyez aussi : de Teploff, *Aperçu général de la richesse minérale de l'empire russe.* (*Compt. rend.*, vol. I, p. 326. 1835. — *Produits de l'or dans l'Oural et dans la Sibérie pendant l'année* 1846. (*Kommertschesknja Gazeta*, etc. Gazette commerciale russe publiée par le ministre des finances, févr. 1847. — *Arch. de Erman*, vol. VI, p. 318. 1847. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 13, p. 25. 1848.)

En explorant les fondations de l'usine de Miask, on a recueilli le 26 oct. 1842, dans le sable aurifère qui recouvre le diorite, une pépite d'or pesant 36 kilogrammes. C'est la plus grosse qui soit connue jusqu'à présent. D'après M. de Humboldt, le plus grand morceau de platine que l'on ait encore trouvé à Nijny-Taguilsk pèse

M. Engelmann (1) pense que la destruction des roches qui a donné lieu aux alluvions aurifères est beaucoup trop considérable pour être uniquement attribuée à l'action des phénomènes atmosphériques ; aussi a-t-il recours à celle des vapeurs d'eau qui seraient sorties de la terre lors de l'apparition des roches ignées et des gîtes métallifères. Ces alluvions auraient été déposées pendant l'écoulement des lacs de la chaîne et ne seraient point le résultat du cataclysme qui a enseveli les restes d'éléphants et de rhinocéros dans les immenses alluvions de la Sibérie septentrionale.

Age et mode de formation des dépôts aurifères.

MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling (2), par suite de leurs explorations sur les deux versants de l'Oural, ont été amenés à des considérations générales fort importantes sur le sujet qui nous occupe, et nous essaierons de les exprimer en peu de mots.

De même que dans la série des terrains une couche succède à une autre couche, de même dans la chaîne de l'Oural certains phénomènes ignés se sont succédé à diverses époques, et les conglomérats auxquels ils ont donné lieu se sont successivement déposés sur les pentes; de même encore, si la production du fer magnétique a été contemporaine de l'apparition des porphyres dioritiques, ceux-ci ont été suivis par les minerais de cuivre et les serpentines, et ces dernières roches enfin ont donné passage aux granites et aux syénites. Parmi ces nombreuses perturbations nous avons à rechercher ici l'époque à laquelle les roches de la chaîne ont été imprégnées d'or, et celle pendant laquelle les alluvions aurifères ont été déposées.

Les principaux gisements métallifères et les principaux gisements de minéraux sont situés sur le versant oriental, dans des roches pyrogènes et dans les roches sédimentaires qu'elles ont traversées; les unes et les autres constituent de nombreux chaînons peu élevés, parallèles à l'axe central. Une seule exception existe sur le versant occidental et encore s'y présente-t-elle avec les mêmes circonstances,

---

20 *livr.* russes 34 *zolon.* (8 kilogr. 335 gr.) — Voyez pour plus de détails sur d'autres pépites remarquables, *Compt. rend.*, vol. XXI, p. 81. 1843. — *Bull.*, vol. XIV, p. 225. 1843. — *Id.*, vol. IX, p. 400. 1838. — *Ann. des mines*, 4e sér., vol. III, p. 51. — De Humboldt, *Examen critique de la géographie du nouveau continent*, vol. III, p. 330.

(1) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. V, p. 213.

(2) *The geology of Russia in Europe*, etc. La géologie de la Russie d'Europe, etc., vol. I, chap. XIX, p. 471 et suivantes. — *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 749.

c'est-à-dire la proximité des chaînons parallèles de roches ignées. M. de Humboldt, qui avait déjà fait cette remarque, pensait en outre que les veines d'or devaient être d'une formation assez récente et peu antérieure à la destruction des éléphants et des rhinocéros.

Le versant oriental et la Sibérie n'offrant point de couches du système permien, on peut en induire que les plaines de ce côté étaient émergées pendant cette période, et que la mer était bordée par la chaîne de l'Oural, qui ne renfermait point encore de platine ni d'or comme elle renfermait déjà du fer et du cuivre; car aucune trace des premiers de ces métaux n'a été rencontrée dans les dépôts cuivreux de l'ouest, ni dans les couches tertiaires de l'est. Si le relief de la chaîne avait été tel qu'il est aujourd'hui, les matériaux des conglomérats permiens et carbonifères n'auraient pu être entraînés à l'ouest, et les cailloux de diorite, de porphyre, de lydienne, etc., se seraient accumulés au pied du versant oriental où ces roches se voient en place; mais cela n'ayant pas eu lieu, on est amené à conclure que les minerais d'or et de platine doivent appartenir à une époque de soulèvement très récente, celle où furent élevés les plus hauts pics, lorsque la ligne actuelle de partage fut établie et que les granites syénitiques et autres roches comparativement peu anciennes apparurent le long du versant asiatique.

L'or et le platine en grains n'ont été trouvés, jusqu'à présent, que dans les dépôts où l'on a recueilli des ossements d'éléphants et de rhinocéros, et si l'on joint à cette circonstance que les veines aurifères manquent, comme on vient de le dire, dans les anciennes couches détritiques de la chaîne, on ne pourra douter que l'or ne soit la substance minérale la plus récente et la moins éloignée de l'époque historique. La nature et la disposition du sol, dans les endroits où les détritus aurifères ont été accumulés, montrent que ces dépôts diffèrent de ceux de l'époque permienne en ce qu'ils se sont formés après que la chaîne eut acquis une grande partie de son relief, et seulement sur sa pente est, lorsque les vallées actuelles existaient déjà et qu'elles étaient habitées par de grands quadrupèdes très voisins des nôtres. Avant que la chaîne eût atteint le relief que nous avons sous les yeux, l'espace occupé par l'Oural était une ride basse dirigée N., S., et formant la côte orientale d'un continent sur lequel vécurent pendant longtemps ces grands mammifères.

(p. 476.) Quoique le gravier aurifère se trouve principalement aux affluents des cours d'eau, on ne doit pas en conclure qu'il a été transporté par eux ; il résulte seulement des débris de certaines masses détachées des flancs des montagnes et qui ont rempli partiellement les dépressions voisines. Les pentes de l'Oural sont tout à fait dépourvues de détritus ou de blocs transportés de loin, et tous les amas de fragments sont purement locaux. Nous rappellerons cependant ici que, d'autres observateurs (*antè*, p. 104-305) ont constaté dans les alluvions aurifères des débris anguleux des roches environnantes et des débris roulés provenant de parties plus ou moins éloignées de la chaîne.

M. Murchison décrit ensuite l'alluvion aurifère dans le voisinage de la mine de Berezofsk, seule localité où l'or ait été exploité dans la roche. Des os et des défenses d'éléphant ont été trouvés dans le sable et le gravier. Celui-ci est recouvert d'une couche d'argile, puis viennent un lit de tourbe imparfaite et le sol superficiel stérile. Les sables aurifères existent dans les vallées transverses et longitudinales du versant oriental, mais ils sont surtout riches le long de la zone où les diorites, les porphyres et les serpentines ont traversé les calcaires anciens. La seule exploitation un peu importante du versant européen est celle de Chrestovodsvisgensk, dont les couches sont d'ailleurs dans des conditions semblables à celles de l'est. Elles ont une épaisseur totale de 12 à 15 mètres sur les bords du ruisseau d'Adolfskoï, où ont été trouvés les diamants dont nous avons parlé. La gangue primitive de ceux-ci serait, d'après M. Helmersen, un schiste quartzeux micacé, semblable à l'itacolumite du Brésil et à la roche diamantifère de l'Inde, et non, comme on l'a dit d'abord, la dolomie noire sur laquelle repose l'alluvion aurifère et diamantifère. Les sables de Peshanska, près de Bogoslofsk, ont aussi présenté des ossements d'éléphant et de rhinocéros, qui, de même que ceux d'*Urus*, sont également fort nombreux sur les bords de plusieurs affluents du Tobol.

D'après M. Hoffmann, l'or est disséminé sur une grande partie du versant oriental, non seulement dans les roches granitiques et dans les autres roches ignées, mais encore dans de grandes masses de schistes argileux. Le platine trouvé sur divers points n'est encore exploité que sur le territoire de la famille Demidoff. M. Rose ne le cite qu'une seule fois associé à l'or, et il ne l'a jamais rencontré avec des fragments de veines de quartz ni de minerai de fer magnétique si répandus dans les alluvions aurifères. La plus grande partie

des détritus de roches associés au platine proviennent des serpentines.

La circonstance signalée par M. Leplay (1), autour de la montagne de la Martiane, dont toutes les alluvions sont platinifères, circonstance qui l'a porté à penser que le platine de Nijny-Taguilsk n'était point en veine, mais disséminé en parties extrêmement ténues dans toute la roche cristalline (serpentine et diorite), ne semble pas prouver cependant que tous les gisements de platine soient semblables à celui-ci. Ce métal paraît avoir été apporté dans les roches de la même manière et au même moment que l'or, qui est quelquefois en veine, mais plus ordinairement disséminé dans toute la masse.

Les auteurs de la Géologie de la Russie admettent qu'à l'époque des éléphants et des dépôts aurifères, il existait beaucoup de grands lacs qui furent mis à sec lors de la formation du relief actuel. Leurs eaux, en s'écoulant, déposèrent les sables aurifères et les ossements d'animaux qui avaient vécu dans le voisinage. Peut-être pourrait-on s'étonner de ne point retrouver ici, non plus que dans les autres pays où la même hypothèse a été invoquée, tout ou partie des dépôts stratifiés qu'ont dû former ces anciens lacs, ni aucune trace des coquilles d'eau douce ou terrestre qui ont dû les peupler, d'autant plus que la couche argileuse qui recouvre les alluvions de l'Oural ressemble au lehm des vallées du Rhin et du Danube, lequel renferme aussi des ossements des mêmes grands mammifères et des coquilles fluviatiles et terrestres.

Sur les limites de l'Europe et de l'Asie on voit le nombre de ces ossements augmenter à mesure que l'on s'avance dans la Sibérie et que l'on descend les affluents et les vallées de l'Ob et du Tobol. On connaît les opinions émises par Pallas, Cuvier, M. Buckland et M. Lyell sur l'organisation des Mammouths et les conditions climatologiques sous lesquelles ils ont vécu ; nous y reviendrons tout à l'heure en parlant du nord de l'Asie.

D'après les vues de M. de Humboldt, le soulèvement en masse de l'Oural, de l'Altaï et de tout le continent asiatique, doit avoir tellement refroidi la Sibérie, que les forêts où vivaient les éléphants et qui s'étendaient jusque près de la mer glaciale se sont reculées vers leurs limites actuelles. Lors du dernier soulèvement de l'Oural,

---

(1) *Compt. rend.*, vol. XIX, p. 853. 1844. — Voyez aussi : *Journ. de Saint-Pétersbourg*, 14-16 sept. 1833. — *L'Institut*, 4 janv. 1834.

la débâcle des lacs a pu entraîner les grands mammifères dans les rivières qui les auront transportés ensuite avec les alluvions et les boues jusque sur les bords des grands fleuves et de la mer Glaciale, par l'Ob, l'Yénisseï et la Léna. M. Murchison fait remarquer que, longtemps avant la création des éléphants, les contreforts septentrionaux de l'Altaï circonscrivaient à leur origine les principales rivières qui descendent de la chaîne et se dirigent vers le N. Les embouchures actuelles de ces fleuves étaient sous les eaux puisque Pallas signale des débris d'animaux marins dans ces dépôts à mammifères ; et en résumé l'élévation en masse de la Sibérie à 30 ou 60 mètres au-dessus de son niveau à l'époque des éléphants suffirait pour expliquer le dessèchement des côtes nord, dans les vases desquelles les ossements sont enfouis, de même que l'abaissement de température sur cette vaste surface continentale.

Partout où les restes de pachydermes ont été rencontrés, depuis les pentes supérieures des deux versants de l'Oural jusqu'aux embouchures des grandes rivières de la Sibérie, tout annonce que ces mammifères ont vécu dans le voisinage de lacs et d'estuaires, où, pendant longtemps, leurs débris se sont accumulés et ont été parfois entraînés jusqu'à la mer, puis mêlés avec les animaux marins. Ainsi de l'Oural et de la Sibérie à l'est, de la Crimée et du Caucase au sud, comme des Carpathes à l'ouest, ont été charriés les restes de cette faune terrestre qui a précédé l'époque actuelle, et la quantité de ces débris est en rapport avec l'étendue des surfaces émergées que ces animaux ont habitées et par conséquent avec la quantité de nourriture qu'ils pouvaient y trouver (1).

On pourrait objecter aux idées que nous venons de rappeler, que si ces mammifères ont vécu dans le voisinage des lacs et des estuaires, c'est que le sol était alors à un niveau très bas, et, comme aujourd'hui, les alluvions glacées dans lesquelles ils sont enfouis se trouvent aussi très peu élevées au-dessus de la mer, on ne voit pas en quoi a pu consister le soulèvement en masse que l'on a invoqué, car le relief actuel du sol n'accuse qu'un très faible changement. De plus, ce soulèvement de la Sibérie, en le suppo-

---

(1) Voyez aussi : sir R. I. Murchison, *Sur l'habitation et la destruction des Mammouths.* (*Edinb. new phil. Journ.*, 1846, p. 244. — *L'Institut*, 23 sept. 1846. — *Bibl. univ. de Genève*, 1846.) — Rhinoceros tichorhinus *trouvé sur les bords de la mer Glaciale.* (*Acad. de Saint-Pétersbourg*, sept. 1843. — *L'Institut*, 22 févr 1844.)

sant de 30 ou 60 mètres, n'aurait occasionné, suivant la loi du décroissement, qu'un abaissement de température d'à peine 1/3 de degré centigrade, abaissement qui n'a pas dû produire de modification bien sensible dans les productions végétales du pays qui l'a subi (1). Il est donc difficile de comprendre d'une part un soulèvement de quelque importance, et de l'autre l'effet qu'on lui attribue.

Quant aux applications que l'on serait tenté de faire à l'Oural de la théorie des anciens glaciers, elles seraient dénuées de toute espèce de probabilité, car cette chaîne, dont les pics s'élèvent à 1525 mètres, quoique située sous un climat froid, où la neige persiste pendant huit mois de l'année et ne fond même pas complétement sur quelques sommités, ne présente aucune des traces que nous avons vues résulter de l'action des glaciers, et tout annonce qu'elle n'en a jamais été couverte d'une manière permanente (2).

D'après ce court exposé, on voit que les travaux géologiques exécutés récemment en Russie ont beaucoup avancé nos connaissances sur les dépôts de l'époque quaternaire ou diluvienne, mais on voit aussi qu'il reste encore des questions importantes à résoudre relativement à la contemporanéité de certains d'entre eux et à la succession de certains autres, de même que par rapport à leur mode de formation et à leurs limites respectives. Quant à présent, nous pouvons distinguer les résultats de six phénomènes principaux, contemporains ou successifs, qui sont : 1° la formation erratique du Nord dans laquelle on trouve vers l'est des débris de grands mammifères; 2°, mais peut être plus anciens, les dépôts coquilliers marins arctiques des bords de la Dwina et de la Petschora ; 3° les accumulations de détritus de la Russie méridionale, où sont enfouis des ossements d'éléphants (Taganrog, etc.); 4° les alluvions aurifères de l'Oural, caractérisées par la présence des mêmes ossements, mais dont l'origine est presque exclusivement locale ; 5° les atterrissements meubles des steppes inférieures dont la faune est intimement liée à celle de la Caspienne actuelle, et où des ossements de pachydermes éteints ont aussi été rencontrés ; 6° enfin le *tschornoïzem*, ou terreau noir, postérieur au diluvium du Nord qu'il Résumé.

(1) Les évaluations encore très diverses du décroissement de la température en hauteur sont comprises entre 160 et 225 mètres pour 1° cent.

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 749.

recouvre, et dont il ne peut être par conséquent la prolongation au sud comme on l'avait pensé; il n'a point encore présenté de débris organiques, et son âge n'est indiqué que par sa superposition à la formation erratique, sur les limites extrêmes de cette dernière.

Ainsi trois de ces dépôts renfermant les mêmes débris de mammifères terrestres ont une origine erratique et ont été formés par des eaux animées d'une plus ou moins grande vitesse; deux se sont accumulés sous des eaux tranquilles, marines au nord, et au moins très saumâtres au sud, et dans ces derniers sédiments existent encore les mêmes traces de grands pachydermes, tandis que le terreau noir, sans débris organiques, a une origine encore incertaine. Des études ultérieures très détaillées sont donc nécessaires pour préciser les rapports de ces dépôts que nous continuerons à examiner en nous avançant vers l'est.

§ 2. Sibérie et versant nord de l'Altaï.

Alluvions ou dépôts aurifères de l'Altaï.

Il n'y a point de blocs erratiques entre l'Oural et la chaîne de l'Altaï (1), et nous décrirons les dépôts détritiques du dernier de ces grands massifs montagneux et des plaines qui s'étendent au nord jusqu'à la mer glaciale, en parlant d'abord des alluvions aurifères qu'on y a découvertes et qui appartiennent aussi à l'époque dont nous nous occupons.

Les sables aurifères avaient été exploités en 1830 avec peu de succès dans la chaîne qui sépare les eaux du Tom de celles de l'Ob, mais sur le revers oriental de l'Alataou, qui sert de limite à la circonscription des mines de l'Altaï, ils ont été reconnus plus riches et plus développés (2). Les substances qui accompagnent l'or, ainsi que la disposition des lieux, sont les mêmes que dans l'Oural, mais l'étendue et la puissance des dépôts y sont en général plus considérables. Ceux-ci sont recouverts d'une couche d'alluvion stérile plus épaisse, ce qui conduit à penser que les actions qui les ont produits ont été aussi plus énergiques ou plus prolongées que dans la chaîne méridienne qui sépare l'Europe de l'Asie. La richesse

(1) De Humboldt, *Asie centrale*, vol. I, p. 300.

(2) *Annu. du Journ. des mines de Russie*, vol. I, Introduction, p. 146. 1835 (publié en français en 1840). — Strolman, *Observations géognostiques dans les montagnes de la chaîne Sayane*, ib. 1835. — *Remarques pratiques sur les sables aurifères*, ib., vol. VI, p. 122. 1839. — Semenoff, *Description des gisements aurifères*, ib., vol. IV, p. 83 (1837), et vol. V, p. 263. 1838.

des dépôts aurifères sur le versant oriental de l'Alataou et leur pauvreté sur sa pente occidentale sont en rapport avec la constitution géologique de ces deux versants. La surface exploitée du côté de l'est a 100 verstes de large et 150 verstes de long, du N.-O. au S.-E., et, de 1829 à 1838, plus de 300 gîtes aurifères ont été reconnus dans cet espace. Pendant ce laps de neuf années les exploitations particulières ont produit 496 *pouds*, 31 *liv.* 59 *zolon.* d'or, et celles de la couronne de 1830 à 1838 ont fourni 627 *pouds*, 53 *liv.* 155 *zolon.*

Les lits des alluvions aurifères sont composés de détritus de roches granito-syénitiques, de quartz, de jaspe, de diorite, de serpentine, de porphyre dioritique, de calcaire et de géodes de fer hydraté. Ils reposent sur des calcaires de transition et des diorites, plus rarement sur des schistes argileux, des schistes micacés, des porphyres et des syénites. Les divers gisements situés dans les montagnes de la chaîne Tomsko-Yénissesk paraissent provenir de granite, de syénite, de porphyre dioritique, de serpentine, de schiste talqueux, siliceux ou chloriteux avec filons de quartz, roches qui constituent la partie supérieure et les flancs des vallées où les dépôts d'alluvion se sont formés. L'or y est en grains plus ou moins gros, ronds ou irréguliers. Les pépites y sont plus rares que dans l'Oural. D'autres sables aurifères ont été reconnus au pied des montagnes qui s'étendent entre la circonscription de l'Altaï et celle de Nertchinsk à l'est, mais de 1831 à 1835, les gîtes de ce dernier district n'avaient encore produit que 34 *liv.* 91 *zolon.* d'or.

Dans la chaîne Sayane, les dépôts aurifères découverts en 1833 se trouvent près des sources mêmes du Kitoï. Le quartz et le diorite étant peu répandus sur les contreforts de la chaîne, il est probable que l'or provient de ses parties centrales; aussi a-t-on rencontré des sables contenant de l'or dans l'arrondissement de Minoussin. Sur le ruisseau Yanga, affluent du Kane, il y a un gisement assez différent des précédents. Le dépôt est formé de sable de rivière et se trouve placé sous le gazon de chaque côté du cours d'eau.

En 1839, Yakine Razanoff, laissant derrière lui les gisements très riches découverts depuis peu sur les bords de la Berouzka (frontière du gouvernement d'Irkoutsk), pénétra dans le nord jusqu'aux vastes régions arrosées par la Tongouska supérieure (Verkhnaïa), moyenne (Srednaïa) et inférieure (Podkamennaïa), et découvrit, en 1840 et 1841, un grand nombre de gisements aurifères très

remarquables par leur étendue et leur richesse, et qui paraissent surpasser tout ce que l'on avait rencontré jusque-là.

Les dépôts aurifères les plus importants de la Sibérie se trouvent sur les versants des contreforts qui s'abaissent au nord, et d'où partent de nombreuses ramifications moins élevées. Sous le rapport des gisements aurifères, ces montagnes peuvent se diviser en trois systèmes, suivant qu'elles s'élèvent entre l'Ob et le Tom, entre cette dernière rivière et l'Yénisseï, puis entre ce fleuve et la Léna. Tous les caractères de ces dépôts prouvent qu'ils se sont formés là où on les observe aujourd'hui et qu'ils n'y ont pas été transportés d'une région éloignée par quelque grande inondation (1). La progression rapide des produits du lavage des sables de la Sibérie a été indiquée dans un tableau publié en 1843 (2), où l'on voit que depuis 1830, époque à laquelle le produit de l'or n'était annuellement que de 5 *pouds*, 32 *liv.* 59 1/2 *zolon.*, jusqu'en 1842, où il s'est élevé à 631 *pouds*, 5 *liv.* 21 1/4 *zolon.*, le total des treize années a été de 2093 *pouds*, 38 *liv.* 46 *zolon.* (34299 kilogr.) d'or. Jusqu'en 1847, les documents statistiques (3) ont constaté l'accroissement annuel du produit des lavages dans les mines de la Sibérie comme dans celles de l'Oural.

Cependant cette richesse des alluvions est une ressource qui devra s'épuiser d'autant plus vite que l'exploitation est plus active, et peut-être, dit sir R.-I. Murchison (4), serait-il d'une sage prévoyance de ne pas trop provoquer son extension, car l'expérience a prouvé que les veines métallifères qui s'élèvent du sein de la terre sont plus riches en or vers leur extrémité supérieure que dans le reste de leur étendue. Presque toutes les parties les plus élevées des roches ayant été désagrégées et entraînées pour former les alluvions aurifères, il en résulte que les têtes des filons qui étaient la

(1) *Gazette du commerce de Saint-Pétersbourg.* — *Ann. des mines*, 4ᵉ sér., vol. III, p. 19. 1843.

(2) *Ib.* — *Compt. rend.*, vol. XVII, p. 1096. 1843.

(3) *Kommertscheskaja Gazeta.* Gazette du commerce de Russie, publiée par le ministre des finances. févr. 1847. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 13, p. 25 des *Notices*. Févr. 1848.

(4) *Address anniv. Meet. roy. Geogr. Soc. of London*, 28 mai 1844, p. 31. — *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XL, p. 240. 1846. — Voyez aussi : de Humboldt, *Des oscillations de la production de l'or et de la fluctuation des métaux précieux entre l'Europe, l'Asie et le Nouveau-Monde.* (*Deutsch. Vierteljahrs Schrift.*, left 4, p. 26. 1838.)

portion la plus productive sont aussi détruites, et qu'il y a peu d'espoir de trouver plus tard dans les roches en place des filons assez riches pour être exploités, lorsque ces mêmes alluvions seront épuisées.

Les exploitations de sable s'étendent vers l'est dans le cercle de Nertchinsk. Aux environs d'Irkoutsk, le sol renferme aussi de l'or, et, plus à l'orient, on rencontre encore ce métal non loin des côtes de la mer d'Okhotsk. Ainsi, dit M. de Humboldt (1), une bande aurifère, sans doute interrompue, traverse, entre le 50° et le 60° lat. N., tout l'ancien continent, sur une étendue plus vaste de moitié que la plus grande largeur de l'Afrique, et cette abondance ou cette dissémination de l'or mêlé au platine comme au fer magnétique contraste singulièrement avec la rareté des alluvions stannifères dans les mêmes régions. L'illustre savant fait voir en outre (p. 221) que, s'il y a une liaison intime entre la direction des filons et la nature des métaux qu'ils renferment, il paraît en être de même des massifs montagneux sous le rapport de leur richesse aurifère, surtout en ce qui concerne les alluvions du versant oriental des chaînes méridiennes. Ainsi l'Oural, les monts Kousnetzk (Alataou), la chaîne d'Oudskoï, au sud-ouest d'Okhotsk, celle du Bolor, et dans la Péninsule au-delà du Gange, la chaîne d'Ava, etc., en sont des exemples, comme aussi celles des Andes, du Brésil et des Alleghanys méridionales. Il y a par conséquent une prédominance sensible d'alluvions aurifères dans les chaînes méridiennes et une sorte de liaison entre la direction d'axes plus ou moins parallèles et les éruptions métallifères, sur des crevasses très rapprochées.

M. Pierre de Tchihatcheff, dans les chapitres IX et XII de son magnifique ouvrage sur l'Altaï (2), a décrit avec soin plusieurs des gisements aurifères qu'il a rencontrés, mais nous passerons de suite à quelques considérations générales du chapitre XIX (p. 393), plus particulièrement consacré aux produits de l'époque quaternaire. Les dépôts de transport diluviens du versant nord de l'Altaï sont composés, comme partout ailleurs, de fragments triturés provenant des roches qui constituent la chaîne. Ils occupent vers son pied des espèces de golfes ou bassins, dont les plus remarquables sont

Dépôts erratiques.

---

(1) *Asie centrale*, vol. I, p. 387.

(2) *Voyage scientifique dans l'Altaï oriental*, p. 197 et 285, in-4 avec atlas in-f. Paris, 1845.

celui de Barnaoul, formant au-delà de cette ville une bande étroite le long de la Biya jusqu'aux environs du fort Sandypskoï, et celui qui sépare l'Yénisseï de la crête de l'Alataou.

Dans l'Altaï, comme dans l'Oural, les sables aurifères sont toujours en relation avec les roches dioritiques (1), « et c'est ainsi, dit » M. P. de Tchihatcheff (p. 395), que le vaste dépôt aurifère qui » commence sur la crête même de l'Alataou, et qui s'étend tout le » long du système du Tchoulyme, est criblé de diorites souvent » associés aux mélaphyres ou aux syénites et aux porphyres d'une » nature évidemment éruptive. Il en est de même des dépôts auri- » fères de la chaîne de Salaïr et de ceux de la Mrassa dont les der- » niers se trouvent au sein d'un des plus vastes domaines que le » diorite occupe dans l'Altaï.

» Si d'une part (p. 397) les ossements fossiles, dont tous les at- » terrissements aurifères de l'Altaï sont plus ou moins remplis, leur » assignent un âge très récent, de l'autre, la nature du terrain qui » les supporte se rattache à l'époque la plus ancienne des dépôts » sédimentaires. En effet, partout où les alluvions ne reposent pas » sur la roche qui semble les avoir produites, elles se trouvent » constamment supportées par des terrains anciens (silurien, dé- » vonien ou carbonifère) qui forment la plus grande partie de la » masse solide du pays (p. 398) ; et si par la pensée on faisait dis- » paraître tous les détritus inorganiques des atterrissements auri- » fères, en ne laissant subsister que les seules dépouilles animales » qu'ils renferment, on aurait le spectacle vraiment curieux de » cornes d'*élans* et de *cerfs* encore existants se mêlant aux *Spirifer* » et aux *Productus* des dépôts anciens ; on verrait les représentants » des deux époques extrêmes de la création franchir l'abîme inson- » dable qui les sépare, comme pour attester que, pendant cette » myriade de siècles, il n'y avait ici d'autres représentants de la » vie organique que ceux qui tiennent de près au commencement » de la série des êtres et ceux qui semblent la terminer de nos » jours. »

Ainsi tout le terrain de transition a été redressé avant l'époque secondaire, et il est resté au dessus des eaux jusqu'au dépôt des alluvions aurifères contemporaines des éléphants et des rhinocéros.

---

(1) Erman, *Arch. für wissenschaft. Kunde v. Russland*, vol. II, 1842 ; et vol. III, 1re livr., 1843, avec une carte intitulée : *Esquisse géognostique du nord de l'Asie.*

Il est possible alors que l'éruption des diorites et des mélaphyres ait détruit sur certains points le terrain ancien et l'ait recouvert sur d'autres de matières détritiques formées aux dépens des mêmes roches, imprégnées en même temps de substances métalliques.

Les causes qui ont apporté ces détritus des montagnes dans les vallées et dans les plaines ont agi avec des intensités très différentes suivant les localités, ce dont on peut juger par les caractères des dépôts, la grosseur et la nature de leurs matériaux. Quant à la direction du phénomène, l'auteur pense qu'il est venu de l'E. Les accumulations de galets qui occupent les bords de plusieurs rivières se voient à des hauteurs très considérables au dessus de leur niveau actuel. Comme dans l'Oural et dans la Turquie d'Europe, les pentes de l'Altaï n'ont pas encore offert de blocs erratiques. Les glaciers sont d'ailleurs très rares dans cette chaîne, et l'on ne connaît que ceux des colonnes de Katoune ou du mont Bieloukha, signalés par M. Gebler (1).

Cependant la difficulté de ne rien laisser échapper dans un voyage aussi pénible n'a point permis à M. de Tchihatcheff de se prononcer d'une manière absolue sur l'absence, dans la région altaïque, de toute trace d'un phénomène erratique plus ou moins semblable à celui du nord de l'Europe, et il ne serait pas impossible que les grandes nappes de sable jaune échelonnées le long de l'Aleï, de l'Irtysch, de la Choulba, etc., ne représentassent des dépôts analogues aux œsars de la Suède. Mais si, à l'identité des caractères minéralogiques et géologiques des sables aurifères de l'Altaï avec ceux de l'Oural, on ajoute encore dans les premiers la présence d'ossements d'*Elephas primigenius*, de *Rhinoceros tichorhinus*, de *Bos primigenius*, de *Bos urus*, de *Bos priscus*, de cerfs, d'élans, etc., que l'on trouve sur les points les plus éloignés et surtout dans les dépôts de l'Alataou, comme dans ceux des environs de Barnaoul, des bords de l'Aleï, de l'Inia et dans les cavernes de Tcharysch, on sera porté à attribuer les uns et les autres à des causes analogues, et qui auront agi dans le même temps. Un autre point important de ressemblance, c'est que dans les deux chaînes la production de l'or dans les roches appartient aussi à une époque très récente, à celle des dernières commotions qui ont fait surgir des produits ignés.

(1) *Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, vol. III, p. 456. 1837.

Plaines de la Sibérie.

Si nous prolongeons nos regards au nord du système de l'Altaï, dans ces vastes étendues de pays comprises entre l'Oural et les montagnes d'Okhotsk, et que sillonnent les immenses cours d'eau de l'Ob, de l'Yénisseï et de la Léna, avec leurs nombreux affluents, nous verrons que des bois à tige droite vivent encore bien au delà du cercle polaire, jusque sous le 72° de latitude, comme l'a constaté l'intrépide voyageur M. Middendorf (1), et cela très peu au sud de l'espace dans lequel on a découvert la plus grande quantité d'ossements d'éléphant. Aussi n'est-il pas hors de vraisemblance que ces animaux aient pu vivre, sinon sur les lieux mêmes où on les trouve enfouis dans le sol glacé, du moins à une distance peu considérable. Les longs poils dont ils étaient revêtus et la structure des dents que les recherches de M. R. Owen (2) ont révélée, de même que les observations de M. Brandt (3) qui a reconnu, par les restes de nourriture trouvés dans les cavités des dents, que leurs aliments consistaient en végétaux essentiellement du Nord, conduisent à la même conclusion. Si ce dernier savant a pu réellement distinguer, d'après l'état des vaisseaux sanguins de la tête du *Rhinoceros tichorhinus* de Vilui, que l'animal avait dû périr par une asphyxie résultant d'une immersion, et que les matières terreuses adhérentes aux os sont des vases d'eau douce, on devra croire que ces cadavres ont été saisis presque subitement dans un sol gelé et non dans des blocs de glace.

M. Middendorf a recueilli, avec les débris d'éléphant et à 300 verstes de la mer Glaciale, des coquilles marines dont les espèces vivent encore dans cette mer. Cette autre circonstance, que les squelettes ont été rencontrés plusieurs fois debout sur leurs pieds, fait aussi supposer que ces grands pachydermes se sont en-

(1) Sir R. I. Murchison, *Address deliv. roy. geogr. Soc. of London*, 26 mai 1845, p. 67 et suivantes.

(2) *History of british fossil Mammalia and Birds*, p. 261 et suivantes. 1844.

(3) *Monatsbericht der Akad. der Wissenschaften zu Berlin*, 1846, p. 222. — *L'Institut*, 31 mars 1847. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 13, févr. 1848, p. 9 des *Notices*. — Voyez aussi : *Die Uberreste vorweltlicher*, etc. Les restes d'animaux gigantesques du monde ancien par rapport aux traditions de l'Asie orientale et aux ouvrages chinois, par de Olfers, in-4, 5 pl. Berlin, 1841. L'auteur fait voir que, dès 1695, Isbrand Ides avait déjà des pensées très justes sur l'origine du Mammouth et des prétendus *Dragons* de la Sibérie.

foncés dans la vase, et que, dans cette situation, ils auront été successivement recouverts de matières terreuses. M. Brandt ajoute que le flot ou le courant d'eau qui les a fait périr a dû venir du nord ; mais il est peu probable que ces animaux marchassent précisément vers le danger qui les menaçait, tandis qu'il est assez naturel de supposer que ce danger venait du sud, où les ossements de leurs contemporains sont ensevelis dans les alluvions des vallées de l'Altaï. Les courants qui ont déposé ces dernières poussaient devant eux, vers le nord, les éléphants qui habitaient les plaines et qui s'enfoncèrent ainsi dans les marais des pays qu'ils ne connaissaient pas.

Encore plus loin, d'immenses surfaces et même des îles entières, comme dans le groupe des Lachow et dans la Nouvelle-Sibérie, sont pour ainsi dire formées d'ossements d'éléphants et d'autres grands mammifères éteints, roulés dans le sable, le gravier et la vase. Souvent on les trouve dans une roche qui ressemble à un grès dur et qui n'est que du sable cimenté par de la glace, car le sol de ces régions ne dégèle jamais à plus d'un pied au dessous de la surface. C'est en général dans des buttes irrégulières, disposées en séries, que l'on rencontre les ossements dont le nombre s'accroît en s'avançant au nord, et l'on a remarqué qu'en même temps les os comme les défenses perdaient beaucoup de leur poids. La première des îles Lachow est exploitée depuis quatre-vingts ans par les marchands de fourrure qui n'ont cessé de faire des cargaisons de ces défenses pour les porter à l'intérieur de la Sibérie et les répandre sur les divers marchés de la Russie ; cependant la quantité de ces débris ne semble pas y avoir diminué. Sur les îles, les défenses sont beaucoup plus blanches et plus fraîches que sur le continent, et les os de plusieurs autres animaux, et probablement de rhinocéros, sont associés à ceux des éléphants (1).

§ 3. **Asie occidentale.**

L'île de Cos est en grande partie formée de couches tertiaires **Asie mineure.**

(1) *Expédition dans les mers polaires par le baron Wrangell*, trad. de l'allemand en anglais par Ed. Sabine. — *The Athenæum*, 13 juin 1840. — Voyez aussi : *Notice sur deux squelettes d'animaux antédiluviens dans le pays des Samoyèdes*, par Schrank. (*Bull. Acad. de Saint-Pétersbourg*, vol. IV, p. 1. 1838. — Rhinoceros tichorhinus *trouvé sur les bords de la mer Glaciale*. (*Acad. de Saint-Pétersbourg*, sept. 1843. *L'Institut*, 23 févr. 1844.)

lacustres du même âge que celles des vallées du Xanthus et de Cibyra, mais au dessus vient un dépôt marin coquillier de l'époque quaternaire, et parallèle à ceux de Rhodes et de Sicile (1).

Arménie. M. Perkins a fait quelques observations sur le dépôt de transport et les traces attribuées à d'anciens glaciers non loin de Trébisonde, mais M. Hitchcock (2), qui en a rendu compte, n'a donné aucun détail qui permette de juger de leur importance.

Syrie. M. Russegger (3) représente le fond de la vallée de Balbek, qui sépare le Liban de l'Anti-Liban, comme occupée par un dépôt diluvien bordé de chaque côté par les affleurements des couches tertiaires.

Perse. Le bassin de l'Euphrate et la plaine de Babylone sont recouverts par une formation erratique très développée, qui s'étend d'une manière discontinue et avec une largeur variable suivant le cours du fleuve, de Someïsat à Félujah. Elle est composée de gravier, de cailloux et de blocs, et constitue le dernier dépôt qui s'est accumulé dans cette dépression avant l'époque actuelle. Dans la partie supérieure de la vallée de l'Euphrate, on trouve, dit M. Ainsworth (4), des cailloux de serpentine, de serpentine et d'albite, de roches diallagiques, de diorite, de jade, de basalte, de quartz et de jaspe très nombreux. Dans les districts du centre, les cailloux sont presque exclusivement de silex, et dans les parties inférieures, comme à l'entrée de la plaine alluviale de la Babylonie, ce sont des silex avec de petits fragments de gypse. Ces diverses roches proviennent du Taurus et des formations secondaires et tertiaires qui bordent le bassin du fleuve.

Aux environs de Bir et de Port-William, on observe une brèche recouverte d'une argile rouge de plus de 10 mètres d'épaisseur et qui s'élève jusqu'à 70 mètres au dessus de la rivière. Entre Balkis et Bir, où la brèche très développée est également surmontée d'argile rouge, cette dernière supporte des amas de fragments

(1) Ed. Forbes et T. A. B. Spratt. (*Travels in Lycia, Milyas and the Cibyratis*, 2 vol. Londres, 1846. — *Edinb. new phil. Journ.*, n° 84, p. 271.)

(2) *Notes on the Geology*, etc. Notes sur la géologie de quelques parties de l'Asie occidentale, etc. (*Transact. Assoc. of amer. Geol.*, 1840, p. 417. Boston, 1842.)

(3) *Reisen in Europa*, etc. Voyages en Europe, en Asie et en Afrique, 1842 ; carte géologique du Liban et de l'Anti-Liban.

(4) *Researches in Assyria*, etc. Recherches en Assyrie, en Babylonie et en Chaldée, p. 93, in-8. Londres, 1838.

calcaires semi-cristallins provenant d'une chaîne de collines qui se continue jusqu'à 7 ou 8 milles au nord de ce point.

M. Ainsworth (p. 101) pense que la roche qu'il nomme *brèche du Taurus*, et qui s'étend presque depuis la source de l'Euphrate jusqu'à son embouchure, n'a pas été produite par le déluge de Noé, parce qu'il y a des preuves d'un cataclysme plus récent, tandis qu'il n'y en a point qu'un phénomène du même genre ait eu lieu après le déluge de Noé ou après la fondation de Réhoboth (Rahabah). L'époque caractérisée par les brèches à ossements est également antérieure au déluge biblique. Des grès bruns et des minerais de fer paraissent être du même âge que la brèche à ossements et l'argile à *septaria* du haut pays.

Après avoir comparé le texte de la Genèse avec ce qu'il a pu observer sur les lieux, l'auteur conclut (p. 106) que le transport des matériaux provenant du Taurus et les brèches osseuses ne sont pas dus au déluge de Noé, et qu'entre eux et la fondation de la tour de Babel il y a eu un laps de temps suffisant pour permettre l'accumulation d'une alluvion fort considérable au-dessus de ces dépôts détritiques anciens. Les sommets les plus élevés des collines tertiaires des chaînes persannes sub-apennines (chaînes d'Hamerum, d'Hamerins ou d'Hamerin), qui s'étendent du N.-O. au S.-E. à l'est du Tigre, sont recouverts de cailloux roulés en couches horizontales.

M. Ainsworth divise les dépôts récents de la Babylonie en deux assises; l'une, qui est la plus ancienne, est antérieure à la réunion des premières familles sur les bords de l'Euphrate, après le déluge mosaïque; l'autre est postérieure aux migrations le plus anciennement connues. La première comprend les dépôts qui se prolongent jusqu'à 70 milles au nord de Babel ou Babylone, et dont l'étendue ne permet pas d'admettre qu'ils se soient formés seulement entre le déluge de l'Écriture et la fondation de la tour de Babel, c'est-à-dire dans un laps de 500 ans; aussi est-il plus probable qu'ils résultent en partie de l'action de ce déluge ou même d'un phénomène antérieur.

L'auteur a sans doute compris toute l'importance d'une question qui consiste à rattacher le dernier anneau des temps géologiques au premier phénomène dont les traditions historiques nous ont conservé le souvenir, question à laquelle vient se lier aussi l'apparition de l'homme sur la terre; mais les rapports qu'il a essayé d'établir laissent encore beaucoup à désirer. Les dif-

ficultés de ce genre d'étude ne peuvent guère être surmontées par un seul voyageur, et l'obscurité des textes, comme les caractères peu tranchés, ou plus ou moins effacés de cataclysmes passagers, envelopperont peut-être longtemps encore d'une grande incertitude ce point intéressant des annales de la nature.

M. R. Hamilton (1) a donné quelques détails sur les alluvions anciennes depuis la Babylonie jusqu'au golfe Persique, alluvions composées de cailloux de quartz, de gypse et d'argile ou de sable, et à la surface desquelles se montrent des efflorescences de sel marin et de salpêtre.

§ 4. Asie méridionale.

Presqu'île occidentale de l'Inde.

M. J.-D. Herbert, dans son *Rapport sur le relevé minéralogique des montagnes de l'Himalaya, situées entre le Setledge et la Kalée* (2), décrit, le long de la bande de grès qui forme au sud-ouest la dernière pente de la chaîne, un dépôt non stratifié de gravier et de sable avec des blocs arrondis. Il occupe une surface de 192 milles sur 50, et s'étend sans doute plus loin en accompagnant les grès, de l'Indus au Burhampooter (Brahmapoutre ou Brahmapouttra).

Un grand phénomène de dénudation paraît avoir suivi les convulsions dont le sol de l'Inde centrale a été le théâtre, et cette catastrophe soudaine aurait suffi, dit M. Mac Clelland (3), pour lui donner ses caractères actuels et ensevelir les ossements d'éléphants si nombreux dans les détritus diluviens. D'après M. R.-B. Smith (4), le sondage exécuté à Fort-William, dans le delta du Gange, a rencontré, à 15 mètres, une ancienne tourbière et des fragments d'arbres; puis au-delà des argiles calcarifères, des argiles siliceuses vertes avec des lits et des rognons aplatis de calcaire (*kunker*), des argiles sableuses, des marnes, des grès peu solides, des conglomérats, des sables et des grès ferrugineux, etc. A $116^{m},33$, on a trouvé une argile noire et du charbon de bonne qualité, des lits de

(1) *Esquisse géologique du bassin situé entre le Tigre et l'Euphrate* (*Soc. Wern. d'Édimbourg*, 3 avril 1841. — *Bibl. univ. de Genève*, vol. XXXVI, p. 418.)

(2) *Journ. asiat. Soc. of Bengal*. vol. XI, p. 605. 1842.

(3) *Report of a Committee*, etc., p. 39. Calcutta, 1838.

(4) *On the structure*, etc. Sur la structure du delta du Gange démontrée par le sondage du *Fort-William*.

gravier renfermant des os de Sauriens et de Tortues, et jusqu'à 146^{m},50, la masse traversée était entièrement composée de débris de roches primaires. De 106^{m},64 à 146^{m},20, les assises paraissent correspondre à celles que M. Cautley a signalées sur les pentes inférieures de l'Himalaya, et que nous rangeons, quant à présent, dans le terrain tertiaire. A Benarès, une fouille moins profonde a montré des sédiments analogues à ceux du forage de Calcutta (1), et à Sahrunpore, une ville ancienne a été trouvée ensevelie sous une alluvion de 5^{m},17 d'épaisseur, qui appartient à l'époque actuelle.

M. Newbold (2) a nommé *alluvion ancienne* certains lits de gravier et de sable couverts accidentellement par le *regur* et qui, à cause de leur position, ne peuvent être attribués aux agents actuels. Au reste, la formation erratique, telle qu'elle est caractérisée en Europe et dans les deux Amériques, n'aurait pas, d'après ce géologue, de véritable représentant dans la presqu'île occidentale et méridionale de l'Inde. Le gravier diamantifère de Cuddapah a une épaisseur de 0^{m},60 à 1^{m},80; il est recouvert d'une couche de *regur*, et repose sur le calcaire diamantifère, dont il renferme des fragments ainsi que des cailloux arrondis de trapp, de granite, de schistes transportés d'une distance de 20 à 40 milles, de quartz, de jaspe, de silex, de grès et des calcaires environnants. On y trouve des diamants brisés ou roulés. Quelquefois ces matériaux sont cimentés, à la partie supérieure, par du carbonate de chaux tufacé (*kunker*), et alors il ne s'y rencontre jamais de diamants (3).

A Wakoory, sur le territoire de Nizam, des couches analogues, cimentées par le *kunker*, renfermaient des os de Mastodonte. Les accumulations d'ossements, dans le bassin de la Jumna, ont été découvertes sous les argiles, avec *kunker* de la Dooab, à 50 mètres au-dessus de la surface du sol. Le sable et le gravier des couches ossifères des collines Sewalik et des bords de la Nerbuddah sont cimentés, comme le gravier de Wakoory, par une infiltration calcaire. A Barotch, sur cette dernière rivière, on voit des sables jaunâtres, micacés, avec des nodules de calcaire concrétionné, et qui se prolon-

(1) *Geological features of the Himalaya mountain* (extrait de l'ouvrage de M. Royl, *Journ. de Madras*, n° 27, p. 223. 1840.)

(2) *Summary of the geology*, etc. Résumé de la géologie de l'Inde méridionale. 1845

(3) *Soc. asiat. de Londres*, 4, 18 et 25 juin 1842. — *The Athenæum*, 11 juin, etc. 1842.

gent à une grande distance dans les terres (1). Des dépôts de gravier, situés au dessus des eaux actuelles, se trouvent aussi dans les vallées de la Kistnah, de la Bimah, de la Tumbuddra, etc. Sur les sommets des Nilgherries, à 1828 mètres d'élévation, on a signalé des traces de courants diluviens, et les graviers qui forment la base du dépôt y sont surmontés d'une couche vaseuse, légère, d'environ 1 mètre d'épaisseur.

Pondichéry est bâtie sur une alluvion qui recouvre des argiles marines, grises ou bleu foncé, se continuant à l'intérieur des terres jusqu'au pied des collines Rouges. Il en est de même au sud de Nellore et sur plusieurs autres points de la côte de Coromandel. Ces argiles avec des coquilles qui vivent encore dans le voisinage sont à 6 ou 7 mètres au-dessous des sables modernes. La partie moyenne de Madras repose aussi sur les mêmes argiles. Au sud de la ville, au-delà de l'Adyar, les coquilles sont tellement nombreuses qu'elles sont exploitées pour faire de la chaux et imiter les beaux marbres qui ornent les temples et les autres édifices de Madras. Les puits artésiens forés dans cette ville, et qui ont atteint le granite à 13^{m},68, ont traversé des argiles noires, des argiles bleues avec des sables calcaires, et au contact même du granite une seconde couche d'argile avec du gravier et des coquilles marines.

Ces dépôts, que M. Newbold compare à ceux des bords de la Baltique, auraient été émergés par des mouvements semblables à ceux de la presqu'île scandinave et à peu près à la même époque. L'auteur a recueilli en outre de nombreuses preuves d'abaissement et de soulèvement sur les côtes est et ouest de la presqu'île. Ainsi le Pont-d'Adam, qui joignait l'île de Ceylan au continent, fut brisé au XVe siècle par une tempête; c'était le prolongement des collines de grès de la péninsule. Toute la côte du Malabar aurait été exhaussée comme l'a été l'île de Vaypi, près de Cochin, en 1341. Le sol de cette dernière, semblable à celui des parties plates du Malabar, est composé d'argile sableuse coquillière. Mais ces traditions, de même que celles de l'ancienne ville de Calicut, aujourd'hui submergée, auraient besoin d'être soigneusement vérifiées, pour qu'on pût attribuer l'état actuel des choses à sa véritable cause.



Le *kunker* (*kunkar*, *kankar* ou *kunkur*) constitue des nodules

(1) Voyez G. Spilsburg, *Note sur les mammifères fossiles de la Nerbuddah* (bœuf, buffalo, etc.) (*Journ. asiat. Soc. of Bengal*, vol. XIV, p. 765. 1844).



de calcaire concrétionné ou tufacé. Il paraît être de l'époque quaternaire, plus récent que le *latérite* que nous regardons comme tertiaire et plus ancien que le *regur* ou terreau noir, dont nous parlerons ci-après. Nous avons déjà dit (*antè*, vol. I, p. 311), que, par rapport à l'âge, on pouvait distinguer deux sortes de kunker, l'un moderne que nous avons décrit et l'autre quaternaire produit par des causes qui, quoique moins actives, ne paraissent pas avoir entièrement cessé. Il est assez difficile de reconnaître à leurs caractères minéralogiques le kunker des diverses époques; on remarque cependant que le kunker récent est plus blanc, plus tendre et présente une structure plus rayée que l'ancien.

Ces nodules calcaires, sur lesquels M. Newbold (1) a rassemblé beaucoup de documents, sont irrégulièrement disséminés. On en trouve presque partout et jusqu'à 1219 mètres d'altitude. Il n'y en a point cependant sur les Nilgherries. Le kunker abonde principalement dans les districts traversés de dykes basaltiques et où les métaux se sont formés en plus grande quantité. On le trouve remplissant, en tout ou en partie, les fissures des roches sous-jacentes, sous forme de masses noduleuses et sous celle de concrétions friables dans les argiles et les graviers; puis encore en lits irréguliers. On en a rencontré jusqu'à la profondeur de 31 mètres au-dessous de la surface du sol, et il existe également dans les cavités des granites, des schistes et des grès diamantifères comme dans celles du calcaire et du latérite.

La couleur du vieux kunker est brun clair, rougeâtre ou gris cendré. Sa structure est massive ou compacte, mais plus ordinairement noduleuse, tufacée, pisiforme, botryoïde ou en forme de choux-fleurs. A l'intérieur, il est quelquefois cloisonné ou vésiculaire, rarement rayonné. A l'état compacte, il ressemble aux anciens travertins de Rome et de l'Auvergne. Il est employé comme pierre à bâtir grossière ou comme moellon, mais il est plus particulièrement consacré à la confection de la chaux. Il ne paraît pas renfermer de débris organiques, tandis que dans le kunker récent on rencontre des os de mammifères et des coquilles fluviatiles et terrestres qui vivent encore dans le pays, puis des fragments de poteries, et d'autres traces de l'industrie humaine. La composition normale de ce dépôt serait la suivante :

---

(1) *Summary of the Geology of southern India.* Résumé de la géologie de l'Inde méridionale, 1845.

Eau d'absorption.	1,4
Carbonate de chaux.	72,0
Id. de magnésie.	0,4
Silice.	15,2
Alumine et oxyde de fer.	11,0
	100,0

M. Newbold le regarde comme le produit de sources souvent thermales, chargées d'acide carbonique et déposant le calcaire tenu en dissolution, à mesure que la température s'abaisse en se rapprochant de la surface du sol. En général, sa structure doit être regardée comme concrétionnée, et les lois mécaniques aussi bien que les lois cristallines ont contribué à faire prendre au kunker les divers aspects sous lesquels il se présente. Contrairement à l'opinion de M. Christie (1), l'auteur ne pense pas que cette roche, non plus que le *regur*, provienne de la décomposition des trapps ni du calcaire spathique qu'ils renferment, puisque le kunker est déposé par des sources sortant de toutes les espècesde rocheset dans des espaces considérables où il n'y a pas de trapp. Quoi qu'il en soit, il ne paraît pas être plus ancien que le travertin de Rome qui, comme on l'a vu, renferme des coquilles fluviatiles et terrestres d'espèces vivantes et des ossements d'éléphant. Malgré ce qu'il avait dit précédemment, M. Newbold cite des débris de Mastodonte dans le kunker d'Hingoli et dans un conglomérat du même calcaire concrétionné près de Nursingapore. La présence des Mastodontes pourrait faire naître quelque doute sur l'âge de ces dépôts, s'il était démontré que dans l'Inde ces animaux ne vivaient plus pendant l'époque quaternaire (2).

Entre Madras et Bombay (3), on voit fréquemment le kunker exploité pour la fabrication de la chaux. Sur le territoire de Kurnool (4), un mille à l'est du village de Lunjabunda (15° 30' lat. N.; 78° 3' long. E.), on remarque un calcaire lacustre avec Mélanies et Planorbes, dû à une source qui a aussi déposé un kunker plus

(1) *Madras Journal*. 1836.

(2) Voyez aussi : *Voyage autour du monde de la corvette* la Bonite, *géologie et minéralogie*, par M. E. Chevalier, p. 327, in-8. 1844. L'auteur y rapporte l'opinion de M Hardie sur l'origine du kunker.

(3) Newbold, *Notices géologiques recueillies entre Bellary et Bijapore*.

(4) Id., *Journ. asiat. Soc. of Bengal*, vol. XIII, p. 313. 1844.

compacte et plus dur que celui des environs. Dans le calcaire lacustre, les plantes sont bien conservées, et le test des coquilles est tapissé de chaux carbonatée et de quartz hyalin; quelquefois il est complétement remplacé par l'une ou l'autre de ces substances. La source dépose actuellement une sorte de vase remplie de Paludines, et au dessous de laquelle se trouve un lit de kunker assez différent de celui qui accompagne le calcaire lacustre précédent. D'après les traditions locales, la température de la source se serait abaissée graduellement, et l'on peut croire qu'anciennement l'eau dissolvant plus ou moins de silice donna lieu au premier dépôt de kunker qui est très dur et très siliceux.

Les plaines et les vallées de l'Inde sont souvent recouvertes d'une couche de calcaire concrétionné, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 21 mètres. On en trouve dans des endroits où il n'a jamais pu être déposé par des rivières ni par des ruisseaux, et où il n'y a point d'eau. Sur les bords des dykes de trapp, on remarque des amas de kunker semblable à celui que les sources abandonnent aujourd'hui, mais il ne reste aucune trace des eaux qui ont pu les former. Les points où il existe encore quelques minces filets d'eau, derniers représentants de celles qui ont déposé le vaste amas de kunker de l'Inde, sont précisément aussi ceux où le kunker ancien se montre en plus grande quantité.

La caverne de Billa-Soorgum (Inde méridionale), ouverte dans un calcaire diamantifère, a présenté, comme celles d'Europe, une couche de limon recouverte de stalagmite, et de plus une brèche osseuse (1). M. James Franklin (2), en décrivant une partie du pays situé au nord de la chaîne de Windhya, a signalé, entre le Gange et Mirzapour, des alluvions reposant sur le kunker, ou intimement liées avec lui. Dans le voisinage des collines, le calcaire concrétionné recouvre des grès horizontaux secondaires, formant ainsi la première rangée de collines. Autour de Nagpour, près des dernières roches de trapp, du côté de l'est, les concrétions calcaires sont très répandues. Les nodules, dit M. Jenkins (3), sont petits, noirs, durs, et donnent une chaux d'un blanc pur. Aux environs de Goodlepett, le kunker est également très développé, et

---

(1) *Journ. asiat. Soc. of Bengal*, vol. XIV, p. 610. 1844.
(2) *Asiatic researches*, vol. XVIII, p. 23.
(3) *Ibid.*, vol. XVIII, p. 195.

se continue dans la direction de Mysore. Quelquefois il forme une sorte de brèche, ou bien il est épars en petits fragments à la surface du sol. M. J. Clark (1) décrit aussi une substance blanche, dont la structure réticulée ressemble à celle des os. Elle est siliceuse et se rapproche beaucoup d'une espèce de demi-opale en partie décomposée. Le nom d'*asurhar*, qui lui a été donné, avait été appliqué à un corps assez semblable, mais calcaréo-siliceux, trouvé près de Bellary (2).

Regur. Le *regur* (terre ou argile noire à coton, *black cotton clay*, *black cotton soil* ou *cotton ground*) (3) est un dépôt tout particulier qui recouvre le tiers au moins de l'Inde méridionale, principalement les plateaux élevés, le pays d'Hydrabad, de Nagpour et le sud des Mahrattes, comprenant ainsi tout le plateau de Deccan (Dekhan). On en trouve en outre des lambeaux plus ou moins étendus sur une infinité d'autres points. On l'observe rarement sur les plaines de la Carnatic, et il ne paraît pas exister au-dessous de l'escarpement occidental des Ghates, sur les côtes du Malabar, de Satara, de Canara et de Travancore. Les plaines qu'il occupe sont horizontales et semblables à une mer tranquille. La végétation qui le caractérise est l'arbrisseau nommé *Jatropus glandulifera* et le *Nuth grass*. Un limon noir analogue au regur occupe aussi les plaines de la province de Martaban, dans le royaume des Birmans (4).

Le regur recouvre le kunker, et parfois des lits de gravier. En général il est à la surface du sol, mais, vers ses bords, il est masqué par l'alluvion moderne. Il s'étend d'ailleurs indistinctement sur toutes les roches, depuis le granite jusqu'au latérite et au kunker ancien. La variété la plus pure est ordinairement noir-bleuâtre, verdâtre ou gris foncé; sa cassure varie du brillant au terreux, bigarrée de brunâtre ou de vert noirâtre. La terre noire fait pâte avec l'eau et laisse dégager une odeur argileuse. Sa composition a présenté :

---

(1) *Geology of Bangalore*, etc. Géologie de Bangalore et de quelques parties du Mysore (*Journ. de Madras*, n° 22, p. 89. 1839).

(2) *Journ. asiat. Soc. of Bengal*, déc. 1835. — *Ib.*, oct. 1836. — MM. Banza et Cole, *Journ. de Madras*.

(3) Newbold, *Summary of the Geology of southern India*. 1845.

(4) Low, *Asiatic researches*, vol. XVIII, p. 128.

Silice.	48,2
Alumine.	20,3
Carbonate de chaux.	16,0
Id. de magnésie.	10,2
Oxyde de fer.	1,0
Eau et matière végétale.	4,3
	100,0

La culture du sol que forme le regur n'est pas moins remarquable que ses caractères. Ainsi il ne reste qu'accidentellement en jachère, n'est labouré qu'une fois par an, ne reçoit jamais d'engrais et donne des récoltes depuis deux mille ans, d'après une rotation triennale composée de coton, de *juari* et de froment ou *bajri*. Il absorbe l'humidité d'une manière notable et justifie ce principe de H. Davy, que le pouvoir absorbant d'un sol donne la mesure de sa fertilité, ou, en d'autres termes, que plus un sol absorbe d'humidité dans un temps donné et plus il est fertile. Ainsi la meilleure terre d'Écosse, préalablement desséchée, a absorbé en une heure 18 grains d'eau sur mille; le regur, dans les conditions les plus favorables, en a absorbé, après quelques semaines $\frac{8}{100}$. Pendant la saison chaude, après la moisson, le sol se dessèche et se crevasse en tous sens; dans les temps humides, il forme une boue tenace. Son épaisseur varie depuis 1 mètre jusqu'à 6 ou 7 mètres. Quelquefois on y remarque des indices de stratification; mais on n'y a point encore rencontré d'autres fossiles que les coquilles fluviatiles et terrestres qui vivent dans le pays.

D'après sa couleur et le verre foncé qu'il donne au chalumeau, MM. Voysey et Christie regardaient le regur comme provenant de la destruction des trapps; cependant M. Newbold pense que cette opinion est contraire aux faits, et que la terre noire n'est pas plutôt le résultat de la décomposition des roches en place que celui d'un sédiment transporté par des courants fluviatiles. Le limon du Nil offre une certaine analogie avec le regur; ses éléments constituants sont les mêmes, mais les proportions en sont très différentes, et d'ailleurs ce que nous en avons dit (*antè*, vol. I, p. 343), d'après les observations de M. Newbold lui-même, ne permet aucune comparaison rigoureuse. La matière végétale du limon du Nil paraît provenir des affluents qui descendent des grands lacs marécageux du plateau de l'Abyssinie (1). Quant au regur, il semble impossible d'assigner

(1) Voyez, sur l'hydrographie et l'orographie du plateau de l'Abys-

encore l'origine de la matière charbonneuse qui lui donne sa teinte foncée, non plus que les roches qui ont fourni ses éléments constituants. De plus l'auteur a été frappé de la ressemblance de la terre noire à coton de l'Inde avec le terreau noir (tschornoïzem) du midi de la Russie, dont M. Murchison lui avait montré des échantillons, et dont la position, la répartition et les propriétés sont, comme on l'a vu (*antè*, p. 297), à très peu près les mêmes.

Dans son voyage de Masulipatan à Goa, le même savant (1) a signalé le regur sur plusieurs points, de même qu' entre Bellary et Bijapore (2). M. Heyne attribue une beaucoup plus grande étendue encore à ce dépôt et croit qu'il occupe les 4/5 de la péninsule de l'Inde. M. J. Clark (3) a remarqué que souvent le sol devenait rouge sans que les roches sous-jacentes ou environnantes fussent changées. Il croit le regur principalement composé de chaux et de fer, et différant assez par conséquent de la substance dont nous venons de rapporter l'analyse ; mais il est probable que la composition varie plus ou moins suivant les divers points, et que la présence du kunker au-dessous influe beaucoup sur la quantité de calcaire que la terre noire renferme. C'est d'ailleurs celle qui en contient le plus qui est la plus favorable à la culture du coton, et M. Clark partage l'opinion de M. Voysey sur son origine, qu'il attribue à la décomposition des variétés de trapp contenant le plus de chaux.

Alluvions aurifères.

M. Cautley (4) a décrit les lavages de sables aurifères des bords de la Gumti, dans le détroit de Nahun, et Fréd. Burr a publié des remarques sur les dépôts aurifères de l'Inde, considérés principalement sous le point de vue de leur valeur économique (5).

Presqu'île orientale de l'Inde.

Nous dirons aussi quelques mots des alluvions de la presqu'île Malaye, dont une partie remonte sans doute à une époque antérieure à la nôtre. Le platine a été trouvé en grains dans les alluvions aurifères du royaume d'Ava. Il y était associé à d'autres substances,

---

sinie, C. T. Beke (*Report* 16th *Meet. brit. Ass. at Southampton*, 1846 (London 1847), p. 71 des *Notices*.

(1) *Journ. asiat. Soc. of Bengal*, vol. XIV, p. 984. 1844.

(2) *Notes principally geological*, etc. Notes principalement géologiques sur le pays entre Bellary et Bijapore.

(3) *Geology of Bangalore*, etc. (*Madras Journ.*, n° 22, p. 89. 1839)

(4) *Journ. asiat. Soc. of Bengal*, vol. IV, p. 279.

(5) *Madras Journ.*, n° 28, p. 30.

telles que l'iridium qui y est plus répandu que dans les minerais de l'Oural ou de l'Amérique du sud (1).

Dans la province de Mergui, l'étain était autrefois exploité par le lavage des alluvions formées sur les bords des ruisseaux, et l'action qui a déposé le métal pendant une si longue période semble se continuer encore. M. Tremeneere cite particulièrement la rivière de Teugdau, qui descend des montagnes primaires situées dans le voisinage immédiat de la mine de houille de la grande rivière de Tenasserim; puis il décrit les gisements du gravier stannifère, souvent placé sous la terre végétale même, leur mode d'exploitation et les divers cours d'eau affluents du Tenasserim, qui tous proviennent des collines granitiques (2). Alluvions stannifères.

A Kahan, ville située à onze milles de Mergui, l'étain se trouve dans un gisement très différent. C'est le point le plus élevé d'une chaîne de collines formées d'un grès blanc, tendre et friable, dont la partie supérieure est altérée. Le métal se présente cristallisé dans un granite décomposé qui forme un filon d'un mètre de large, encaissé dans le grès. Le minerai d'étain de ces divers gisements est toujours à l'état de peroxyde natif.

Les provinces anglaises de la côte de Tenasserim sont bornées au nord et au sud par des montagnes de granite et de gneiss, et certaines portions du nord et du centre offrent des schistes de transition et des calcaires (3). M. Illfer a découvert l'étain près du lac Loadut, et le pays situé au nord de la rivière Pachan serait, d'après lui, le district le plus riche de toute la province de Tenasserim. Le minerai se trouve dans des débris de roches primaires, et la chaîne d'où ils proviennent paraît être le prolongement des districts stannifères siamois de Rinowng. Lès collines inférieures des environs de Malacca sont formées de conglomérats avec des argiles ferrugineuses semblables au latérite. Il y a plusieurs sources thermales, et l'étain est exploité dans des dépôts d'alluvion au pied des collines granitiques. L'or s'y trouve associé en quantité assez notable pour être exploité en même temps. Les minerais sont en

---

(1) J. Princeps (*Asiat. researches*, vol. XVIII, part. 2, p. 279).

(2) *Report on the Tin*, etc. Rapport sur l'étain de la province de Mergui (*Roy. geol. Soc. of Cornwall* 29th *ann. rep.*, 1842, p. 68. Introduction par M. Ch. Lemon).

(3) *On the mines of Tenasserim*, etc. Sur les mines de la province de Tenasserim, par M. Royle (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 165.

veines horizontales fort étendues, de $0^m,15$ à $0^m,32$ d'épaisseur, et situées à une profondeur variable. La péninsule de Malacca fournit annuellement 4325000 livres d'étain.

Toute la côte occidentale, le long de la chaîne granitique qui court N., S., est occupée par des alluvions stannifères jusqu'au 15° lat. N. Au delà on n'a point encore rencontré de gisements d'étain ; mais il est probable, dit M. Low (1), que ce métal serait découvert beaucoup plus loin si des recherches avaient lieu dans cette direction. Dans le Thampé (20° lat. N. et 99° long. E.) on extrait le minerai par des puits de 3 à 5 mètres de profondeur et quelquefois par de petites galeries latérales. Le minerai est généralement en masses arrondies ou oblongues avec des cristaux bien formés et enveloppées dans une gangue de quartz, ou dans des fragments qui ressemblent à du granite décomposé, quoique très dur. Le développement que prennent les exploitations d'étain de la presqu'île de Malacca est, d'après M. Lefèvre (2), un sujet d'un grand intérêt pour le pays. On compte déjà cinquante mines en exploitation et plusieurs ont été ouvertes dans le voisinage des Jakuns, qui guident volontiers les recherches des mineurs à travers les jungles. Suivant d'autres personnes, l'étain dans la péninsule n'aurait point encore été trouvé dans sa gangue, mais à Banca on le rencontre associé au fer, en veines dans le granite et à la jonction du granite et du grès. Quoique les sables stannifères proviennent en général d'alluvions déposées par les cours d'eau, il paraît y avoir des exploitations dans des sables résultant de l'altération de la roche immédiatement sous-jacente. Aucune cause diluvienne, proprement dite, n'a d'ailleurs concouru à l'accumulation de ces dépôts.

A la Cochinchine, l'or est exploité principalement dans les sables des rivières (3). Quant aux principales mines d'or et d'argent, elles se trouvent dans le royaume de Tonkin, où il existe aussi beaucoup de mines de cuivre, de fer, de plomb, d'étain et de zinc.

Archipel indien.

L'île de Banca, à l'extrémité orientale de Sumatra, est le plus célèbre des gisements d'étain (4). Elle est formée de petites chaînes granitiques bordées par d'autres plus basses dans lesquelles abonde un minerai de fer rouge. L'étain se rencontre dans les alluvions qui

(1) *Asiat. researches*, vol. XVIII, p. 128.
(2) *Journ. of the Indian archipelago*, n° 11, p. 77. Août 1847.
(3) *Ibid.*, p. 54.
(4) Royle, *loc. cit.*

couvrent la base des collines de granite et à 7 mètres au dessous de la surface du sol. Le minerai est à l'état de peroxyde, donnant 60 °/₀ et même 80 °/₀ de métal. L'île fournit annuellement au commerce 3000000 liv. d'étain. Celles de Linga et de Sinkep, situées à la pointe méridionale de la péninsule de Malacca, produisent aussi de l'étain, comme plusieurs districts de l'île de Sumatra. Ce n'est qu'en 1709 que l'étain fut découvert par hasard dans l'île de Banca, qui aujourd'hui fournit, d'après d'autres documents, une quantité de métal double de celle de la Péninsule dont la surface est dix-huit fois plus considérable. Cette circonstance ne tient pas cependant à une plus grande richesse des gisements, mais à ce que les Chinois y sont protégés et encouragés par un gouvernement qui a des intérêts directs dans leurs exploitations (1).

A Bornéo, la chaîne des monts Ratoos, qui atteint plus de 1000 mètres d'élévation, est composée de serpentine, de diorite et de *gabbro*, et est dirigée N., S. Dans les ravins de la partie méridionale il y a une couche d'argile rouge renfermant de nombreux fragments de quartz qui forment un lit de $0^{m},25$ à $1^{m},25$ d'épaisseur, et où l'on rencontre des paillettes d'or, du fer magnétique, du platine, de l'osmium et de l'iridium; le tout reposant sur la serpentine. Le gisement du diamant, situé sur la pente occidentale de la même chaîne, est aussi dans la couche d'argile rouge dont l'épaisseur est de 10 à 13 mètres, et qui recouvre des fragments de syénite et de diorite. Les substances métalliques indiquées ci-dessus s'y trouvent également. Un quartz noir avec pyrites et feuilles de platine, annonce toujours la présence des diamants, et, d'après M. Louis Horner (2), ce quartz semble provenir des filons qui traversent la serpentine.

L'île de Telango n'est pour ce voyageur qu'un récif de corail soulevé à 6 mètres au dessus de la mer, et dont les polypiers (Astrées et Méandrines) sont identiques aux espèces vivantes du voisinage. La côte de l'île de Madura, séparée de la précédente par un canal étroit, est aussi un calcaire composé de polypiers. Il est dur, jaune, compacte à l'intérieur des masses, et semblable à un calcaire

(1) *Esquisse de la géographie physique et géologique de la péninsule Malaye.* (*Journ. of the Indian. archipelago*, vol. II, p. 83. Singapour, 1848.)

(2) Soc. scient. de Batavia (*Verhandelinghen van het Bataviaasch*, etc., vol. XVII, p. 284. 1839. — *Neu. Jahrb.*, 1838, p. 1. — De Humboldt, *Asie centrale*, vol. III, p. 534. — *L'Institut*, 14 fév. 1844).

jurassique. Ces îles ont une forme tabulaire, comme les îles de coraux modernes. La partie nord de Java est également formée de bancs de coraux récemment soulevés. Les falaises de l'île de Timor, comme nous l'apprend M. J.-B. Jukes (1), paraissent être aussi un récif soulevé. On y trouve des Astrées, des Méandrines, des Porites avec de nombreuses coquilles, entre autres, des Tridacnes de 0,60 de diamètre, dont les valves réunies et fermées sont encaissées dans la roche, absolument comme dans les bancs de polypiers actuels. Ces couches calcaires de 50 à 70 mètres d'épaisseur s'étendent au loin dans le pays et entourent la base des montagnes probablement volcaniques qui en occupent le centre.

Les îles Samou, Sandalwood et Sumbawa, offrent des dépôts semblables, stratifiés et horizontaux, de calcaires blancs qui atteignent jusqu'à 600 mètres d'élévation au dessus de la mer. L'île de Lambock, dont le cône volcanique n'a pas moins de 3465 mètres d'altitude, est entourée par ces mêmes calcaires. L'île de Madura, dont nous venons de parler, est formée de deux terrasses ou plateaux superposés et à bords escarpés. Les calcaires à polypiers de la côte septentrionale de Java sont tantôt terreux, tantôt cristallins, à cassure blanche, mais noircissant très rapidement à l'air. Le long de la côte sud de l'extrémité orientale de la même île, de grandes assises de calcaire avec fossiles avaient déjà été indiquées par M. Horsfield dans sa carte géologique de Java. M. Jukes conclut qu'une vaste formation tertiaire peu ancienne et constituant un *récif frangé* (2) soulevé entoure les pentes de toutes les îles volcaniques, depuis l'extrémité orientale de Timor jusqu'à la portion occidentale de Java. La forme étroite et allongée de ces îles fait que leur région volcanique est aussi très resserrée, et leurs produits ignés, comme leur élévation, sont d'une époque très récente, pendant laquelle existait déjà la faune actuelle; aussi avons-nous cru devoir les rapporter au terrain quaternaire.

Chine. Des traces de phénomènes diluviens ont été signalées par M. Callery (3) sur toutes les montagnes qui dominent les côtes autour de Macao, où l'on remarque des blocs erratiques occupant les

(1) *Notice of some tertiary rocks*, etc. Notice sur quelques roches tertiaires dans les îles qui s'étendent de Java à Timor (*Rep.* 16[th] *Meet. brit. Assoc. at Southampton*, 1846 (Londres, 1847) p. 67 des *Notices*.

(2) Voyez *antè*, vol. I, p. 371.

(3) *Bull.*, vol. VIII, p. 237. 1837.

sommets les plus élevés. Ces blocs de granite arrondis forment des amas de l'aspect le plus bizarre et sont souvent d'un volume énorme. Il n'en existe point dans les vallées, et il résulterait des renseignements obtenus sur l'intérieur du pays, que presque toute la Chine et même la Tartarie offrent des blocs semblables à ceux des environs de Macao. Cependant, M. E. Chevalier (1) conteste l'opinion de M. Callery, et, suivant lui, les blocs, soit isolés, soit disposés en traînées, sont en place et nullement erratiques. Ce sont des masses du granite sous-jacent qui auraient résisté à la décomposition des parties qui les entouraient; ces masses sont en outre recouvertes d'un enduit noirâtre d'hydrate de fer et de manganèse concrétionné.

Nous terminerons l'exposé des phénomènes de l'époque quaternaire de l'Asie en indiquant quelques faits puisés par M. Ed. Biot dans les Annales historiques de la Chine (2), et dont nous avons déjà eu occasion de parler (*antè* vol. I, p. 664). Il résulte de ces recherches que des mers intérieures ont existé dans le désert actuel de Gobi et aux environs du lac Ho-ho-noor. L'une de ces mers a dû se déverser sur la Chine basse par un affluent du fleuve Jaune, et l'autre par la gorge de Tsy chy. Le déluge d'Yao (vingt-quatre siècles avant Jésus-Christ) aurait été occasionné par le soulèvement simultané ou peu éloigné de deux grands systèmes de montagnes, dirigés l'un de Tai-tong-fou à Cang-sy, à la pointe méridionale de la province de Yun-nan, l'autre de la pointe du Leao-tong à l'extrémité de l'île de Hai-nan. Le soulèvement du premier système barra le fleuve Jaune qui coulait à l'ouest, le rejeta au sud, où il rejoignit la vallée de la rivière Oney du Chensy. Le soulèvement du second système barra le cours du grand Kiang, couvrit de lacs et de marais la Chine centrale, et concourut avec le précédent à modifier le cours du Chang-tong et celui du Pe-tche-ly.

Ainsi, dans tout l'ancien continent, depuis l'ouest de l'Europe jusqu'aux régions les plus reculées de l'Asie orientale, et même dans les îlots perdus au milieu de l'Océan Pacifique (îles Sandwich), partout les traditions des peuples ont conservé le souvenir de grandes perturbations de la surface du sol. Faut-il y voir la preuve que

---

(1) *Voyage de la corvette* la Bonite. *Géologie et minéralogie*, p. 244, in-8. 1844.

(2) *Compt. rend.*, vol VIII, p. 683. 1839.

l'homme a paru, en effet, avant l'extinction de la faune quaternaire, ou bien seulement des événements plus récents, partiels, indépendants et distincts du phénomène général qui, sur tout le globe, semble avoir mis fin à l'époque dont nous nous occupons? C'est là sans doute une question du plus haut intérêt, mais pour la résolution de laquelle nous possédons encore trop peu de documents.

CHAPITRE VIII.

TERRAIN QUATERNAIRE DE L'AFRIQUE.

Plus on s'éloigne des pays qui ont été le mieux étudiés, plus il règne d'incertitude sur l'âge des dépôts de l'époque quaternaire, et plus il est difficile de les distinguer, d'une part de ceux du terrain tertiaire supérieur, et de l'autre de certaines couches des premiers temps de l'époque moderne. Ainsi dans l'Asie méridionale nous n'avons pas pu indiquer la limite, si même elle existe, entre les dépôts dont nous avons parlé et les argiles sableuses avec lits de cailloux roulés et ossements de mammifères éteints, du bassin de la Jumna, de l'île de Périm, etc., qui semblent se rattacher aux collines sous-himalayennes si riches également en vertébrés fossiles, et dont nous traiterons dans la seconde partie. De même aussi, dans le peu que nous avons à dire du continent africain nous hésiterons sur le classement définitif des couches que nous devons mentionner.

M. Ruppell (1) a fait quelques observations sur les bords de la mer Rouge, où des bancs de coraux se voient à 4 ou 5 mètres au-dessus de son niveau et se continuent jusque vers le 26° degré de latitude, prouvant ainsi un soulèvement récent de cette partie de la côte. Des accumulations de cailloux diluviens occupent le fond des dépressions le long de la mer Rouge, du golfe de Suez et de la Basse-Égypte, d'après M. Russegger (2), et viennent affleurer de chaque côté des alluvions modernes et des terres cultivées qui se trouvent dans les parties les plus basses. M. Newbold (3) comprend, sous le nom de *drift* : 1° les sables et les graviers salins du désert, provenant en grande partie des grès avec bois fossiles ; 2° les lits de gravier qui recouvrent les plages élevées de coraux de Coséir et les falaises calcaires des bords de la mer Rouge; Afrique orientale.

(1) *Bull. de la Soc. de géographie*, vol. XIII, p. 68.
(2) *Reisen in Europa*, etc. Voyage en Europe, en Asie et en Afrique, carte géogn. de l'Egypte. 1842.
(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 782.

3° les détritus qui recouvrent le plateau du désert libyen, près de Dendérah, et qui sont composés des diverses roches sédimentaires ou ignées des pays environnants.

Afrique septentrionale. Dans la province de Constantine, il y a des dépôts de transport très considérables. Ainsi les collines de Condent-Aty sont formées par une accumulation de près de 300 mètres d'épaisseur de sable, de gravier et de galets avec quelques blocs de plusieurs mètres cubes. Boblaye (1) les regarde plutôt comme résultant d'une grande alluvion que d'un phénomène brusque ou analogue à celui qui a transporté les blocs erratiques. Les gros fragments qui se trouvent au milieu du sable et du gravier ont roulé sur les flancs des vallées pendant que le dépôt se formait.

Plus à l'ouest, un calcaire, avec coquilles spathiques, grès et argile rouge, postérieur aux couches sub-apennines de Coléah au mont Chénouan, paraît être du même âge que les brèches osseuses, les travertins, etc. La ville de Miliana est bâtie à 800 mètres d'altitude, sur une terrasse de travertin ancien, et toutes les sources sont à une haute température sur le revers opposé de la montagne (2).

M. Renou (3) décrit, entre la Calle et Oran, des argiles recouvertes par un grès calcaire, plus ou moins calcarifère ou sableux, suivant les lieux, ordinairement poreux et percé de trous cylindriques verticaux. Les coquilles marines ou terrestres qu'on y trouve vivent encore aux environs. A la Calle, ce grès poreux est à 100 mètres au-dessus de la mer; il repose sur un grès dépendant de la formation crétacée et s'étend jusqu'à 3 kilomètres du rivage. A Bône il atteint de 110 à 120 mètres d'élévation et recouvre le calcaire saccharoïde et les schistes talqueux. A Djidjel, la superposition est la même qu'à la Calle. Au cap Matifou et à Alger, on observe les deux assises; l'inférieure constitue des argiles exploitées pour les poteries et les briques, et la supérieure un calcaire très coquillier. Cherchel est bâtie sur ces dépôts que l'on voit bouleversés dans les hauteurs voisines. A Oran, à Arzéou et Mostaganem, ils surmontent les couches crétacées pour se prolonger ensuite vers l'ouest. Au-dessus vient la brèche osseuse qui appartient à la même époque et qui renferme des fragments d'une roche ignée très peu

(1) *Compt. rend.*, vol. VII, p. 239. 1838.
(2) *Compt. rend.*, vol. XI, p. 348. 1840.
(3) *Aperçu sur la constitution géognostique de l'Algérie* (*Ann. des mines*, 4ᵉ sér., vol. IV, p. 528).

ancienne et du calcaire tertiaire supérieur. En traitant du terrain tertiaire nous parlerons des observations pleines d'intérêt qu'a faites M. de Verneuil aux environs d'Alger.

Les brèches osseusessituées entre Oran et Mers-el-Kebir ont les mêmes caractères que celles du midi de la France. On y trouve, suivant M. Milne Edwards (1), des débris de bœuf, de cheval, d'ours, etc., comme dans les cavernes. Plusieurs de ces dernières ont été observées par M. Levaillant (2), qui a cru, à cette occasion, pouvoir émettre l'opinion que les ossements proviennent d'animaux tombés par accident dans des fissures en communication avec les grottes où ils auraient été entraînés ensuite, puis recouverts par le limon que charriaient les eaux pluviales. M. Coquand (3), dans une note fort intéressante sur la géologie de la partie nord de l'empire de Maroc, a aussi donné quelques détails à ce sujet. Il rapporte d'ailleurs la *panchina* d'Italie au terrain tertiaire supérieur, tout en décrivant sous le nom de *formations modernes* des travertins, dont une partie, comme il le dit lui-même, est certainement plus ancienne.

L'île de San-Iago, la principale de l'archipel du cap Vert, est d'origine volcanique, mais antérieure à l'époque historique. Du côté du port de Porto-Praya, la mer est bordée d'une bande blanche de 15 mètres de hauteur et de plusieurs milles d'étendue, formée par un calcaire peu solide, enveloppant une grande quantité de coquilles semblables à celles qui vivent dans les eaux environnantes. Ce calcaire repose sur des roches volcaniques anciennes et a été recouvert par un courant de basalte. Au contact de celui-ci le calcaire est endurci, et sur certains points passe à l'état de marbre pur et parfaitement cristallin. Des portions, enveloppées par des lambeaux scorifiés de la roche ignée, ont pris une structure fibreuse, rayonnée et ressemblent à de l'arragonite (4). Afrique occidentale.

En remontant le fleuve du Sénégal, jusqu'à 5 ou 6 lieues de Saint-Louis, M. E. Robert (5) a rencontré un dépôt formé par l'accumulation d'une grande quantité d'Huîtres employées à faire

(1) *Ann. des sc. nat.*, vol. VII, p. 218. — *Société philomatique*, 15 avril 1837. — *L'Institut*, id.
(2) *Bull.*, 2e sér. vol. I, p. 417. 1844.
(3) *Ibid.*, vol. IV, p. 1238, 1847.
(4) Ch. Darwin, *Narrative of the Surveying voyage*, etc., vol. III, *Journal et remarques*, etc., in-8. Londres. 1839.
(5) *Bull.*, vol. VII, p. 184. 1836.

de la chaux. Ce banc est à 2 mètres au-dessus des eaux où vivent aujourd'hui le *Cerithium nodulosum* et l'*Ostrea parasitica*. Plus loin, et surtout dans le royaume d'Acar (Cayor?), on trouve, au milieu du sable, des bancs puissants composés d'une espèce d'Arche (*Arca senilis*) qui vit encore sur la côte. L'île de Saint-Louis est entièrement composée de sable coquillier marin, où l'on distingue aussi des débris de la même Arche.

Afrique méridionale. Dans le voisinage du cap de Bonne-Espérance, M. W.-B. Clarke (1) a reconnu des traces d'un soulèvement peu ancien, et avant lequel False-Bay et la baie de la Table étaient réunies par un canal ou bras de mer de plus de 120 mètres de profondeur. Le promontoire du Cap était alors une île. La séparation de la montagne du Lion et du Diable de celle de la Table, ainsi que les fentes de cette partie du pays, ont été produites lors de l'élévation de la contrée. Dans l'intérieur des terres, on remarque également des preuves d'un changement de niveau, et il est facile de voir que le sud du continent africain a été autrefois un archipel. Nous n'avons d'ailleurs, jusqu'à présent, aucune certitude que cette émersion appartienne plutôt à l'époque quaternaire qu'à celle qui l'a précédée.

Sur la frontière orientale de la colonie du Cap, à 500 milles environ de cette ville, il y a près de la côte un conglomérat de grès rouge sans fossiles, reposant transgressivement sur des grès anciens. Dans d'autres endroits, on remarque des bancs remplis de coquilles dont les espèces vivent sur la plage. Un squelette qui paraît avoir appartenu à un Buffle a été trouvé, près du fort de Beaufort, dans un dépôt détritique puissant qui se prolonge vers le nord, au-delà de la rivière Orange (2).

---

(1) *On the geol. phœnomena,* etc. Sur les phénomènes géologiques de la ville du Cap (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 418).

(2) *And. G. Bain* (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 317. 1845. — *Transact., id.*, 2ᵉ sér., vol. VII, p. 53. 1845).

CHAPITRE IX.

TERRAIN QUATERNAIRE DE L'AMÉRIQUE DU NORD.

Les phénomènes de la période quaternaire n'ont pas été examinés avec moins d'activité aux États-Unis qu'en Europe, et ce que nous en savons permet déjà d'apprécier les différences et les ressemblances qu'ils ont dû présenter dans ces deux parties de l'hémisphère boréal.

Nous avons vu qu'en Europe un phénomène erratique très général s'est étendu de l'O. à l'E. sur toute sa partie nord, depuis les îles Shetland et les côtes orientales de l'Angleterre, jusqu'au pied de l'Oural, en s'avançant vers le 51° latitude. Au delà, vers le sud, partout où la formation erratique a laissé des traces, nous n'avons plus reconnu que des actions locales, circonscrites autour de gibbosités, ou dans des dépressions plus ou moins considérables. Sur certains points où la succession des faits a pu être bien constatée, nous avons également reconnu qu'au polissage et au striage des roches avaient succédé d'abord une faune marine assez particulière, indiquant une température plus basse que celle d'aujourd'hui, puis quelques sédiments lacustres où est ensevelie, avec des coquilles dont les analogues vivent encore sur les lieux, toute une faune de grands mammifères qu'on retrouve avec des caractères comparables dans les dépôts de cailloux roulés de l'Europe et de l'Asie, et dont l'existence marque une période de calme général, comme la destruction, un cataclysme non moins général. L'élévation des plages qui a porté tout ou partie des couches marines au dessus du niveau des mers (1) coïnciderait alors avec ce dernier cataclysme.

Cette conjecture a quelque analogie avec celle qu'a émise M. H. D. Rogers (2) pour l'Amérique du Nord, où ce savant conçoit qu'un

(1) Il n'est point ici question des mouvements du sol que nous avons mentionnés comme s'étant manifestés dans l'époque moderne (*antè*, vol. I, p. 645).

(2) Discours prononcé à la réunion des géologues américains, au mois de mai 1844. (*Amer. Journ.*, vol. XLVII, p. 263. Oct. 1844.)

intervalle de repos, marqué par les dépôts marins des bords du lac Champlain, du Saint-Laurent, etc., a séparé la première dispersion des matériaux transportés au loin d'un second phénomène du même genre, suivi à son tour par l'ère des Mastodontes, des *Megatherium* et des autres grands mammifères. S'il en a été ainsi, il y aurait identité des deux côtés de l'hémisphère nord pour les trois premiers phénomènes; mais en Europe et en Asie la faune des mammifères quaternaires a précédé le dernier grand cataclysme diluvien, puisque leurs débris s'y trouvent partout ensevelis; tandis qu'en Amérique, indépendamment de différences notables dans les genres et les espèces, elle lui aurait succédé avec une faune marine assez semblable à celle d'aujourd'hui et dont plusieurs espèces remontaient plus loin vers le nord. Cependant, comme il ne nous paraît pas bien démontré que le second phénomène erratique soit distinct de la cause qui a détruit les grands mammifères, car nous verrons leurs ossements enfouis dans les graviers et les sables diluviens des États du Nord, aussi bien que dans les vases coquillières de ceux du Sud, on peut présumer que de part et d'autre de l'Atlantique il y a une analogie assez complète dans la succession des deux phénomènes cataclystiques séparés par une période de repos. De plus, si en Amérique la répartition des détritus erratiques nous offre ce caractère d'unité que l'on observe dans le nord de l'Europe, on n'y a pas encore bien démontré la disposition rayonnante et locale qu'elle affecte dans l'Europe centrale et occidentale.

Pour nous conformer autant que possible à la marche chronologique que nous avons suivie, nous parlerons d'abord des dépôts avec débris de grands mammifères des États du Sud, puis des dépôts marins des États du Nord et du Canada. La formation erratique proprement dite fera le sujet de la troisième section, et nous indiquerons dans la quatrième les considérations théoriques et les hypothèses relatives aux stries et aux roches polies qui, ainsi qu'en Europe, paraissent dater des premiers temps de l'époque quaternaire et avoir précédé la formation de ses divers dépôts.

§ 1. Dépôts marins et lacustres des États-Unis du Sud.

Texas. En remontant du golfe de Mexico vers la partie orientale du Texas, on parcourt, sur un espace de 80 à 90 milles, une plaine basse, unie, récemment émergée. Elle est formée de sable identique à celui de la côte actuelle et des bas-fonds du golfe, et quelques lits de

marnes rougeâtres y sont subordonnés. Au nord-ouest, on trouve des collines de 30 à 100 mètres de hauteur composées de sable et de cailloux roulés plus anciens qui reposent sur des grès en bancs réguliers. On y remarque, sur les bords de la rivière de la Trinité, des couches considérables de lignite ayant encore conservé la structure du bois (1). D'autres bois dicotylédones, mais complétement silicifiés, sont enfouis dans des dépôts épais de sable, de gravier et de silex provenant de la craie du haut pays, et qui occupent les dépressions du sol, entre le Guadaloupe et le Rio-Colorado. Ils sont encore plus abondants, dit M. Fred. Roemer (2), entre les rivières de la Trinité et du Muecès. A la pointe de la baie de Galveston et près de la ville de Houston, on trouve, à 4 et 6 mètres au-dessus de la mer, de grands dépôts de *Gnathodon*, coquille qui vit encore dans la baie même comme toutes celles qui lui sont associées. Les argiles et les sables qui constituent les bords du Brazos et de la plupart des autres rivières du pays sont quaternaires ainsi que les couches de graviers et de sables qui forment une large bande ou zone aride dirigée de l'E. à l'O., sur une portion considérable du Texas. On coupe cette zone à angle droit lorsqu'on remonte le Colorado, de Colombus à Bastrop, ou le Guadaloupe, de Gonsales à Seguin. M. W. Hough (3) a découvert sur les bords du Brazos, près San-Filippe, une grande quantité d'ossements de bœuf, tapir, Mastodonte, éléphant, *Orycterotherium? Dinotherium?* etc. Les débris d'éléphant y dominent sur ceux de Mastodonte.

Louisiane, Mississipi, Alabama.

M. Carpenter (4) a constaté, au pied de la falaise de Port-Hudson (Louisiane), que des souches encore en place, portant des traces de hache et tout à fait aplaties, avaient été recouvertes par des éboulements depuis un temps fort long, et qu'elles étaient passées à l'état de charbon tout à fait bitumineux. Sur d'autres points beaucoup de morceaux de bois enfouis dans une alluvion ancienne étaient décomposés et devenus tellement mous, qu'ils tombaient en poussière sous la pression des doigts, état qui, d'après l'auteur, précéderait toujours la carbonisation ou le passage à l'état de charbon naturel.

(1) Riddell (*Amer. Journ.*, vol. XXXVII, p. 211).
(2) *A Sketch*, etc. Esquisse de la géologie du Texas. (*Amer. Journ.*, 2e sér., vol. II, p. 358. 1846. — *Id.*, *ibid.*, vol. VI, p. 21. 1848.)
(3) *L'Institut*, 2 sept. et 25 nov. 1846.—*Amer. Journ.*, 2e sér., vol. I, p. 244, 1846.
(4) *Amer. Journ.*, vol. XXXVI, p. 118. 1839.

Au-dessus des couches tertiaires inférieures de Vicksburg, de Grand-Gulf, de Rodney et de Natchez, vient un puissant dépôt de limon, d'une composition uniforme, d'environ 15 mètres d'épaisseur par place, et probablement beaucoup plus puissant sur d'autres points. Il est rempli de coquilles terrestres semblables à celles qui vivent encore en abondance dans les endroits sujets à être recouverts par les eaux des lacs. (*Helix thyroides*, *H. ligera*, *H. concava*, *H. setosa*, *H. arborea*, *H. perspectiva*, etc., *Succinea ovalis*, *Helicina orbiculata*). Parmi les coquilles lacustres, il y a une petite Cyclade et une Paludine. Ce limon, dont la surface est très ondulée, suit toutes les inflexions des collines, et est recouvert par 2 ou 3 mètres de terres diverses sans coquilles. Il n'y a point de gravier dans le limon, mais on y rencontre de nombreuses concrétions calcaires.

M. T.-A. Conrad (1) a remarqué que les coquilles terrestres, par suite de l'élévation annuelle des eaux, sont disposées, dans les dépôts des lacs actuels, absolument comme dans le limon ancien. Dans les lacs abondent les *Unio* et les Paludines, représentés aussi par des lits analogues dans les dépôts antérieurs dont toutes les espèces existent encore. Ces coquilles sont disséminées dans une terre noire, différente, par sa teinte et sa consistance, du limon avec coquilles terrestres, et placée aussi à un niveau beaucoup plus bas. On trouve cependant des couches d'*Unio* (*U. cicatrisatus*, *U. quadrulus*, *Paludina ponderosa*) à 16 mètres au-dessus de la rivière. Le limon coquillier est d'ailleurs identique avec l'alluvion du Mississipi, et l'auteur l'attribue à un ancien débordement du fleuve qui entraîna aussi les Mastodontes, les éléphants et les hippopotames fréquents dans le pays. La cause qui a élevé le dépôt tertiaire inférieur des bords du Mississipi a également émergé le limon, à une époque peu ancienne et en rapport avec la destruction des grands mammifères qui vivaient dans le nord de l'Amérique. Les caractères des coquilles prouvent que ce limon ne peut s'être déposé dans un lac, et le soulèvement du sol, dans une période aussi récente que celle des Mastodontes, doit être contemporain de celui des bancs à *Gnathodon* de la Floride, d'Alabama et de la Louisiane, des cayes de la Floride, des dépôts d'Huîtres de la Virginie, du Maryland et du New-Jersey. A ce moment eut aussi lieu un changement de climat qui confina les *Gnathodon* aux es-

(1) *Amer. Journ.*, 2ᵉ sér., vol. II, p. 212. 1846.

tuaires du golfe de Mexico, et qui se rattache sans doute à la révolution qui détruisit le Mastodonte et ses gigantesques contemporains.

La grande plaine alluviale du Mississipi (1) est bornée, à l'est, par un plateau élevé de 60 mètres au-dessus de la rivière, et qui incline légèrement à l'E. ou vers l'intérieur. Cette plate-forme se termine abruptement à Natchez par une ligne de falaises perpendiculaires dont la base est incessamment minée par le fleuve. Toute la coupe est composée de dépôts quaternaires. Les 20 mètres supérieurs constituent un lehm argileux, semblable à celui des bords du Rhin et renfermant des coquilles récentes; la base est composée de sable et de graviers sans fossiles, si ce n'est des bois silicifiés et des coraux provenant de roches anciennes. Les coquilles fluviatiles et terrestres qu'on y rencontre sont toutes des espèces vivantes dont M. Lyell a recueilli 20 espèces (*Helix*, *Helicina*, *Pupa*, *Succinea*, accompagnées ou remplacées accidentellement par des Lymnées, Planorbes, Physes et Cyclades). Dans le limon ou dans l'argile qui est au bas se trouvent encore des os et même des squelettes entiers de Mastodonte, de *Megatherium*, de *Mylodon*, *Equus*, *Bos*, etc. Ces dépôts sont profondément ravinés, et dans ces ravins les éboulements qui se produisent mettent à découvert les débris de mammifères. C'est dans la portion éboulée d'un de ces ravins qu'un os humain a été découvert avec des os de quadrupèdes éteints; mais, comme le fait observer l'auteur, rien ne prouve leur contemporanéité. A Vicksburg et ailleurs, le limon repose sur les couches tertiaires inférieures qui recouvrent à leur tour la formation crétacée.

Le golfe de Mexico est bordé, sur plusieurs centaines de milles, par un dépôt uniquement composé de *Cyrena carolinensis* avec quelques *Rangia cyrenoides* (*Gnathodon*). Entre Mobile (Alabama) et la Nouvelle-Orléans, de même que dans le voisinage de Frankelin (Louisiane), ce banc coquillier suit les contours des baies et se retrouve dans les îles nombreuses de l'embouchure du Mississipi (2).

Sur les côtes orientales de la Floride, il se forme des bancs fort étendus de coquilles brisées et agglutinées ensuite. L'île d'Ana- Floride.

---

(1) *Ib.*, vol. III, p. 34 et 267. 1847. — *Assoc. brit.*, 1846. — *The Athenæum*, 26 sept. 1846.

(2) Ch. Lyell. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 36. 1842.)

tasia est entièrement composée des espèces de coquilles qui vivent sur la côte. En remontant la rivière Saint-Jean, M. Conrad (1) a vu sur la rive droite un banc d'*Ostrea virginiana*, à 3 ou 4 mètres au-dessus des plus hautes eaux, et il en existe de semblables dans la baie de Tampa. L'*Indian caye*, la première de ces petites îles qui bordent les côtes est et sud de la Floride, est formée de calcaire quaternaire qui, par place, n'est composé que de myriades de coquilles vivant dans le voisinage et identiques avec celles de Cuba. La roche est dure, caverneuse, et renferme 4 espèces de Néritines. A peu de distance est une autre île beaucoup plus grande, plus élevée et composée de même. Tous ces îlots, ou *cayes*, ont d'ailleurs une origine semblable, et ne diffèrent les uns des autres que par leurs dimensions et leurs formes : tous reposent sur des récifs de coraux.

Aux environs de la baie de Tampa, les falaises de 5 à 6 mètres de hauteur qui sont à l'entrée de la rivière Manatte sont formées de lits mal stratifiés de coquilles brisées, associées par groupe. On y trouve parfois des os de *Manatus*, quoique cet animal soit rare aujourd'hui dans cette rivière. Les coquilles sont celles de la côte actuelle; mais les petites espèces qui abondent dans la baie manquent parmi les fossiles. Les accumulations coquillières, près de la pointe de Sarazota, ont la même origine que ces bancs, et ont été regardées à tort comme l'ouvrage des Indiens. Au cap *Old-Tampa-bay*, la côte s'élève brusquement en collines arrondies, composées comme les précédentes. Un banc de coquilles recouvre le calcaire à Ballast-Point et à Fort-Brook ; mais ce sont particulièrement des espèces propres aux estuaires (*Cyrena carolinensis*, *Ostrea virginiana*, *Gnathodon truncatum*, *Fusus corona*, *Natica duplicata*, *Neritina reclivata*). Les calcaires tertiaires que nous décrirons plus loin s'étendent dans toute la péninsule, au moins jusqu'au-delà de la baie de Tampa, et les côtes est et ouest sont occupées par les dépôts quaternaires avec coquilles récentes et ossements de mammifères. L'élévation au-dessus de la mer de la partie orientale de la Floride est tellement faible, que toute la presqu'île

(1) *Observations on the Geology*, etc. Observations sur la géologie d'une partie de la Floride orientale. (*Amer. Journ.*, 2e sér., vol. II, p. 36. 1846.)—Voyez aussi : J. Allen, *Some facts*, etc. Faits relatifs à la géologie de Tampa-bay. (*Amer. Journ.*, 2e sér., vol. I, p. 38. 1846.)

doit avoir été submergée à une époque peu ancienne. Sa sortie des eaux est par conséquent contemporaine de celle des cayes ou îlots qui la bordent à l'est, à l'ouest et au sud.

M. Cooper (1) a fait voir que les couches quaternaires s'étendent plus au sud que le Maryland, où elles avaient été limitées d'abord, et que le *Megatherium* était contemporain du Mammouth, du Mastodonte, du cheval, du lion et de l'hippopotame. Le pays n'a éprouvé aucun changement violent depuis que ces animaux l'ont habité, et l'on n'observe aucune trace d'action diluvienne dans le dépôt de transport qui les enveloppe, non plus qu'aux environs. Quelles que soient les modifications que la température ait éprouvées depuis, et qui ont contribué à la destruction de ces animaux, l'identité des coquilles fossiles avec celles qui vivent encore sur le littoral de la Caroline du Sud, de la Géorgie et de l'Alabama, prouve que la température de l'Océan, à une époque antérieure à l'existence des grands mammifères, était semblable à celle sous laquelle vivent aujourd'hui les mollusques de la côte de Géorgie. En effet, les ossements de *Megatherium*, de Mastodonte, etc., se trouvent intacts dans l'alluvion qui recouvre le sable jaune quaternaire, et c'est au-dessous que l'on rencontre les coquilles marines dont nous venons de parler. Mais la conséquence qu'on en a tirée n'a rien de rigoureux, car il est très possible que les mammifères aient vécu dans le même temps que les coquilles marines, et que leurs dépouilles aient été enfouies dans les dépôts erratiques résultant du cataclysme qui les a détruits. Géorgie.

M. Lyell (2) indique également à l'embouchure de la Savannah, à Darien et à Brunswick, des dépôts sablonneux et argileux, semblables à ceux qui se forment encore sur la plage. Les coquilles en sont identiques et disposées de la même manière. Au-dessus il y a par place des argiles foncées enveloppant des débris de *Megatherium*, de *Mylodon*, de *Mastodon giganteus*, d'*Elephas primigenius*, de cheval, et un grand chélonien. On ne remarque aucun mélange entre les deux dépôts. Le niveau relatif avait changé lors-

(1) *Proceed. geol. Soc. of London.*, vol. IV, p. 33.

(2) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, n° 8, p. 405, mai 1846. — Voy. aussi Harlan, deux *Notices* sur les mammifères fossiles trouvés en creusant le canal de Brunswick et à Newbourne dans la Caroline du Nord (*Amer. Journ.*, vol. LXIII, p. 141. 1842.) — J. Leidey, *Sur le cheval fossile.* (*Proceed. acad. nat. Sc. Philadelphia*, vol. III, p. 262. 1847.)

que les ossements ont été apportés, et il était à très peu près ce qu'il est aujourd'hui. Dans la période actuelle, un nouvel abaissement de la côte paraît avoir été constaté par la submersion des troncs de cyprès qui y végétaient autrefois.

Tennessee, Kentucky, Carolines, Maryland, etc.

Des ossements de Mastodonte ont été trouvés dans une argile sablonneuse de la paroisse de West-Feliciana (1) et dans plusieurs autres localités de l'État de Tennessee (2), avec le *Megalonyx Jeffersoni*, puis en creusant le canal de l'Ohio, à 1 mille à l'est de Bloomfield (3). Dans son *Mémoire sur le gisement du Mastodon giganteus et sur les débris fossiles qui lui sont associés, à Big-bone-Like* (*Kentucky*), *au Canada*, etc. (4), M. Lyell a conclu que les mammifères éteints du Kentucky, comme ceux des bords de l'Atlantique, dans les Carolines et la Géorgie, appartiennent au même niveau géologique, les espèces identiques d'éléphant et de Mastodonte étant associées dans les deux cas avec le cheval, et de plus le *Megatherium* et le *Mylodon* se rencontrant en Géorgie avec le *Megalonyx* cité à Big-bone-Like.

De part et d'autre de la chaîne des Apalaches, les coquilles fossiles terrestres ou d'eau douce, accompagnant les Mastodontes, sont les mêmes que celles qui vivent encore sur les lieux. Nous verrons tout à l'heure que, dans des circonstances semblables, M. Darwin a trouvé le Mastodonte et le cheval dans l'Entre-Rios, près de la Plata, et le *Megatherium*, le *Megalonyx* et le *Mylodon* avec le cheval, à Bahia-Blanca en Patagonie.

Les quadrupèdes éteints des États-Unis, dont nous venons de parler, ont vécu après la formation du dépôt erratique ou *drift* du Nord; par conséquent le froid supposé du climat qui coïncide probablement avec le transport de ce *drift*, ou lui est même antérieur, n'a point été ici, non plus qu'en Europe, la cause de leur destruction.

Les ossements de Mastodonte ont été rencontrés dans les États de Kentucky, de l'Ohio, de New-York (chute du Niagara, Rochester, bords du Genessee, comtés d'Albany et de Greem), dans le Maryland, dans la Caroline du Sud et dans la Géorgie. C'est à Hinsdale (New-York), qu'on en a trouvé à la plus grande élévation (460 mètres au-dessus de la mer).

---

(1) *Amer. Journ.*, vol. XXXIV, p. 201. 1838.
(2) *Transact. geol. Soc. of Pennsylvania*, 1834, p. 139.
(3) *Amer. Journ.*, vol. XXV, p. 256. 1834.
(4) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 36. 1842. — *Travels in North America*, vol. II, p. 62.

M. H.-D. Rogers (1), en adoptant dans leur généralité les vues de M. Lyell, pense que les Mastodontes n'ont pas été détruits tout d'un coup, mais successivement par un changement graduel du climat, ce qui est d'autant plus vraisemblable que leurs débris se montrent dans la plupart des dépôts erratiques de l'Amérique du Nord.

Le caractère le plus remarquable des comtés de Dorchester, de Somerset et de Worcester, sur la côte orientale du Maryland, est une série de collines sablonneuses, prolongement de la chaîne qui divise les eaux qui se rendent dans la baie de la Delaware d'avec celles qui se jettent à l'ouest dans la baie de Chesapeake. Ces collines forment des bandes généralement dirigées N.-E., S.-O., s'abaissant vers l'extrémité sud de la péninsule et ayant l'aspect de plages produites par le retrait successif de la mer. On n'y trouve qu'un banc d'Huîtres à l'origine du ruisseau de Taylor. Dans le comté de Sainte-Mary il y a une digue de graviers et de sables diluviens, qui repose sur un dépôt de la période tertiaire supérieure (2).

§ 2. Dépôts marins et lacustres des États-Unis du Nord.

Dans ses *Notes sur la géologie de la côte septentrionale du Saint-Laurent* (3), M. Bayfield fait remarquer que toutes les vallées qui séparent les montagnes granitiques de la rive gauche vers l'embouchure du fleuve sont remplies par des argiles, des sables et des graviers stratifiés et horizontaux, dont l'épaisseur totale est de 60 à 90 mètres. L'argile est toujours au contact du granite, et le gravier à la partie supérieure. Aucun débris organique n'a encore été trouvé en cet endroit, mais, sur d'autres points, des couches semblables ont offert des coquilles analogues à celles qui vivent encore dans le Saint-Laurent. Ces dépôts, très développés sur la rive nord, existent également au sud, et doivent être distingués de l'alluvion moderne, avec laquelle ils ont beaucoup de rapport par leur aspect et leur disposition générale. Bords du Saint-Laurent.

Dans les îles Mingan, le calcaire des falaises a été brisé par les

(1) *Amer. Journ.*, vol. XLVII, n° 2, oct. 1844.
(2) J.-T. Ducatel, *Report of the geology of Maryland*, p. 35, in-8. 1835.
(3) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 89. 1833.

vagues en colonnes de diverses formes, et comme on observe la même disposition en arrière de la côte, depuis 10 jusqu'à 20 mètres au-dessus des plus hautes eaux, l'auteur en conclut que le rivage s'est élevé, à plusieurs époques, sur une très grande étendue de pays, par une succession de mouvements faibles et uniformes. Des preuves du même genre existent sur les bords du lac Huron (1). Le banc de sable et d'argile à demi endurcie de Beauport, près de Quebec, placé bien au-dessus du niveau des eaux actuelles, est rempli de coquilles qui vivent encore dans le golfe de Saint-Laurent, et il en est de même à l'entrée de la rivière du Loup, au sud du fleuve, où les coquilles sont à 20 pieds au-dessus des plus hautes marées. M. Bayfield attribue ces soulèvements à des tremblements de terre.

M. W. Logan (2) a décrit aussi un dépôt qui présente tous les caractères des plages soulevées, et qui est situé à 131 mètres au-dessus du port de Montréal ($73^m,10$ au-dessus du lac Ontario, $22^m,64$ au-dessus de la chute du Niagara, ou $140^m,12$ au-dessus de l'Atlantique). Les coquilles qu'il y a recueillies sont la *Tellina groenlandica*, *T. calcarea*, *Mya truncata* et *Mytilus edulis*, espèces que nous avons déjà citées dans les couches analogues des côtes de Norwège, des bords de la Dwina et de la Petschora.

Les argiles de Beauport renferment, à divers niveaux, de nombreux blocs de roches primaires, au-dessus comme au-dessous des couches fossilifères, et l'état de conservation des coquilles, dont les valves sont encore réunies, oblige d'admettre que ces couches n'ont point été formées par des torrents, mais tranquillement sous les eaux de la mer, et que les blocs y ont été apportés par des glaces. Toutes les espèces de coquilles des bords du Saint-Laurent paraissent avoir leurs analogues dans les mers du Nord et du Groënland, et leur nombre qui n'est que de 16, comparé à ce que l'on observe actuellement dans les mers environnantes, fait penser à M. Lyell (3) que le climat des bords du fleuve, comme celui des

---

(1) *Transact. Soc. litt. et d'hist. nat. de Quebec*, vol. I et II. 1829, 1831.

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 766. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 422. 1846 (Mémoire lu en juin 1842).

(3) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 119. 1839. — *Transact. id.*, vol. VI, p. 135. 1842.

côtes de Norwège, était alors beaucoup plus froid qu'aujourd'hui.

Ainsi ces coquilles fossiles du nord de l'Amérique appartiennent à des espèces qui vivent depuis le 48e degré lat. N. jusqu'au cercle polaire, dans les mers du Groënland, de l'Islande et de la Norwège, et elles s'accordent avec des variétés ou des espèces trouvées dans les dépôts quaternaires de l'Écosse, de la Scandinavie, etc. D'un autre côté, beaucoup d'espèces, très abondantes à présent dans le golfe Saint-Laurent, n'ont pas encore été signalées dans les lits de sable, de gravier et d'argile qui le bordent. La faune de Beauport et des autres dépôts de la même époque se rapproche donc plus de celle des régions arctiques de nos jours que de celle des côtes du Canada, et il y avait aussi plus de ressemblance entre les coquilles qui vivaient dans ce dernier pays et sur le littoral de la Norwège, ou des deux côtés de l'Atlantique, qu'on ne l'observe actuellement, car 17 espèces seulement sont communes sur un nombre total infiniment plus considérable (1). Plus tard, le même savant a donné une coupe du ravin du Beauport, d'après ses propres observations, et la liste de 33 espèces de coquilles qu'on y a recueillies (2).

Partout où, sur les bords du Saint-Laurent, M. Lyell (3) a pu observer les roches en place (granite, grès de Postdam, calcaire de Trenton), débarrassées du dépôt superficiel d'argile et de gravier qui les recouvrait, il a trouvé leur surface usée, polie et sillonnée. La direction des sillons et des stries est N.-E., S.-O., différant, sous ce rapport, des traces analogues de la Nouvelle-Angleterre qui sont dirigées N.-N.-O., S.-S.-E. Dans les deux pays les blocs ont été transportés vers le S. en suivant ces mêmes sillons, ce que l'auteur croit ne pouvoir être expliqué que par des montagnes de glace flottantes. A la montagne de Montréal la *Saxicava rugosa* et la *Tellina groenlandica* sont dans un lit de gravier recouvert par une assise de blocs et de gravier. Ce lit est à 158m,47 au-dessus de la rivière, et à 164m,55 d'altitude, par conséquent à 93m,23 au-dessus du lac Ontario, c'est-à-dire presque au niveau du lac Érié, dont l'élévation absolue est de 172 mètres.

---

(1) On a vu (*antè*, p. 135) que le nombre de ces espèces communes est bien plus élevé, car M. Forbes en admet 66.

(2) *Travels in North America*, vol. II, p. 147.

(3) *Ibid.*, p. 135 et 142.

Dépôts ou terrasses des grands lacs.

M. T. Roy (1), qui a étudié les terrasses des bords du lac Ontario, assure que leur plus grande hauteur au dessus du lac est de 232 mètres, ou leur altitude de 303m,58. Ainsi les eaux de cette mer intérieure atteignaient au moins 305 mètres au dessus de l'Océan actuel, et auraient été bornées à l'ouest par les montagnes qui s'étendent de la plaine de Mexico au 47° lat. ; au nord, par la barrière ou ligne de partage des eaux des lacs et de celles des rivières arctiques; à l'est, par les montagnes qui traversent les États-Unis jusqu'au golfe du Mexique; enfin, au sud, par une chaîne de montagnes aujourd'hui détruite. La surface occupée par cette vaste caspienne n'aurait pas été moindre de 960000 milles carrés.

Le plateau qui sépare le lac Ontario du lac Simcoa, élevé de 231m,53 au dessus du premier, et de 85m,86 au dessus du second, est formé par des argiles bleues surmontées d'une masse très considérable d'argile et de sable mélangés. Vers le centre et le nord de ce plateau on trouve une grande variété de blocs de roches primaires ou de transition, les uns arrondis, les autres anguleux.

M. Schoolcraft (2) attribue la formation des terrasses qui bordent les grands lacs de l'Amérique du Nord aux actions combinées des eaux sur les roches sédimentaires du rivage et du fond avec celles des vents et des mouvements successifs d'élévation et d'abaissement. Suivant M. J.-A. Lapham (3), les dépôts qui annoncent une plus grande extension des lacs sont tout à fait distincts du véritable *drift* sur lequel ils reposent, par l'uniformité et la régularité de leurs couches, par une texture plus fine et plus uniforme des matériaux qui les constituent, et par l'absence de blocs et de lits irréguliers de sable et de gravier. Ils sont composés d'une argile de 5 à 6 mètres d'épaisseur et qui s'est formée dans la période de calme qui a suivi celle du *drift*. Ils sont horizontaux ou à très peu près, fort développés autour de l'extrémité occidentale du lac Érié et ne renferment point de fossiles.

Les digues ou traînées de sable et de gravier qui entourent les lacs, et dont plusieurs sont parallèles entre elles, se prolongent

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 537. 1837. — *Bull.*, vol. IX, p. 95.

(2) *Rep.* 12th *Meet. brit. Assoc. at Manchester*, 1842, p. 42 (Londres, 1843).

(3) *Amer. Journ.*, 2e sér., vol. III, p. 90. 1847.



d'une manière continue sur plus de 100 milles de long (1). Leur élévation varie de 3 à 20 mètres ; souvent fort étroites au sommet, elles ont de 50 à 200 mètres de largeur à la base. On y remarque fréquemment une stratification oblique, et elles reposent sur l'argile avec blocs. Des masses de granite ou d'autres roches du nord se voient quelquefois à la surface des terrasses que M. Lyell compare aux œsars de la Suède, formés, comme on l'a dit, par des bancs de sable accumulés sous la mer, puis émergés plus tard. La base de ces terrasses, à l'est et à l'ouest de Cleveland, est légèrement inclinée, et l'on n'y trouve point de coquilles ; mais on observe à leur pied des blocs de granite provenant de l'autre côté du lac dans la direction du N. (p. 85).

Quant à la série des changements qui ont eu lieu dans la région des lacs Érié et Ontario, le célèbre géologue que nous venons de citer rapporte à une première période d'émersion l'excavation des lignes d'escarpement, telle que celle de Queenstown et le ravinement des vallées, comme celle de Saint-Davids ; puis à une période d'abaissement ou d'immersion le remplissage partiel ou total de ces mêmes dépressions et des lacs actuels par les dépôts marins avec blocs ; enfin une nouvelle élévation du sol amena au jour les terrasses et le dépôt des blocs en partie dénudé. Pendant ce dernier mouvement les limites des lacs ont été successivement tracées, et un canal de la mer doit avoir occupé la vallée originaire du Niagara, laquelle a été convertie en estuaire et parcourue ensuite par une simple rivière.

Le *lake-ridge* ou *ridge-road*, dit M. Hall (2), est une longue digue qui s'étend de l'est à l'ouest, du comté de Wayne au Niagara et au delà. Elle s'élève à 48 mètres au dessus du lac Ontario, dont elle est éloignée de 8 milles, et en suit parallèlement le bord. La largeur de sa base est de 20 à 40 mètres. Elle est composée de sable, de gravier et de cailloux, tous semblables à ceux qui forment les bords actuels du lac dont elle paraît indiquer l'ancien rivage. Des fragments de bois pourris, des branches et des troncs d'arbres, des *Unio* et quelques autres coquilles lacustres y ont été trouvés.

Les bords de la rivière Saint-John, dans le nouveau Brunswick, New-Brunswick

(1) Lyell, *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 20. — *Amer. Journ.*, vol. XLVI, p. 314. — *Travels in North America*; vol. II, p. 151.

(2) *State of New-York*, etc. Communication du gouverneur dans l'assemblée du 20 fév. 1838. — 2[th] *ann. Rep.* Deuxième rapp. ann. du 4[e] district géologique.

offrent de nombreuses terrasses échelonnées des deux côtés de la vallée. D'après M. Robb (1), les plus élevées inclinent vers le lit actuel de la rivière; les moyennes sont horizontales, et les plus basses plongent au contraire en dehors du courant. L'auteur n'admet point que ces terrasses, ni celles qui leur ressemblent, le long des grandes rivières de l'Amérique septentrionale, soient le résultat de débâcles de lacs, et il les attribue à des mouvements très récents du sol. Les fossiles y sont d'ailleurs fort rares, et il ne cite que quelques *Unio* et des Anodontes dans la terrasse inférieure. Toutes sont composées de matériaux détritiques. Les éléments de la terrasse la plus élevée sont les plus volumineux et constituent même de gros blocs venant du N.-O., comme le prouvent les sillons que l'on observe à la surface du sol et dont la direction coïncide avec le grand axe des blocs.

Maine et Massachusetts. Dans l'État du Maine, M. E. Emmons (2) signale, près de Lubeck, un dépôt situé à 12 mètres au dessus de la mer et renfermant des coquilles dont les espèces vivent encore sur la côte, et il attribue de même sa position à un soulèvement récent. M. Hitchcock (3) a fait voir également que les bassins des rivières du Massachusetts ont sur leurs bords des terrasses disposées en gradins, et à des niveaux qui se correspondent de chaque côté. La première est à 3 ou 5 mètres au dessus de la rivière; la seconde, à 9 ou 12 mètres, est rarement très large et aboutit à un troisième escarpement de 12 à 18 mètres, dont le niveau supérieur atteint celui de la plaine qui constitue le fond de la grande vallée du Connecticut. M. Lyell (4), qui a comparé ces terrasses à celles de Glen-Roy, à cause de leur parfaite horizontalité sur une grande étendue, ne pense pas qu'on puisse les considérer autrement que comme des plages élevées successivement et qui marquent les périodes de repos entre chaque mouvement.

Bassin du lac Champlain et de la rivière Hudson. M. Ed. Emmons (5) a décrit, en les rapportant au terrain tertiaire, des sables et des argiles avec des coquilles marines très récentes, et dont l'épaisseur totale ne dépasse pas 15 mètres. On y

(1) *Rep.* 10th *Meet. brit. Assoc.* — *Amer. Journ.*, vol. XLI, p. 40. 1841.
(2) *Amer. Journ.*, vol. XXIX, p. 330. 1836.
(3) *Rep. on the Geology*, etc. Rapport sur la géologie, la minéralogie, etc., du Massachusetts, p. 134, in-8. Amherst, 1833. — 2e édit. 1844.
(4) *Travels in North America*, vol. II, p. 102.
(5) Communication du gouverneur dans l'assemblée du 20 février 1838. *Rep. of the* 2th *geol. district*, etc., p. 185.

voit par place des concrétions argilo-calcaires de toutes les formes, quelquefois cylindriques et jointes les unes aux autres. Ces couches ne sont pas continues sur le pourtour du lac Champlain, mais disposées par petits bassins de 2 à 4 milles d'étendue. Du côté de Vermont, elles sont plus développées et s'étendent depuis le lac jusqu'au pied des montagnes Vertes où elles atteignent 61 mètres d'élévation. Cette circonstance conduit l'auteur à croire que les sables et les argiles d'Albany et des rives de l'Hudson, si difficiles à classer à cause de l'absence des fossiles, sont du même âge que les couches des bords du lac Champlain. La mer qui déposait ces dernières occupait non seulement le bassin actuel du lac, mais encore la vallée de l'Hudson, de sorte qu'un long bras de mer existait depuis le golfe Saint-Laurent jusqu'à New-York. Le niveau du lac Champlain étant à 27^{m},96 au-dessus de la mer, un soulèvement du continent, d'au moins 89 mètres, aurait isolé le lac de la vallée de l'Hudson (1). Des traces de l'ancien séjour de la mer se voient encore sur les roches anciennes des bords du lac, à 50 mètres au-dessus de son niveau actuel. Toutes les coquilles qu'on y trouve appartiennent à des espèces vivantes.

Sur les bords est et ouest du même lac, à Port-Kent et à Burlington, M. Lyell (2) a également signalé des coquilles dans des dépôts du même âge que ceux de Québec. Les roches sous-jacentes sont polies et sillonnées, comme l'avait déjà remarqué M. Emmons, et comme nous l'avons vu sous les vases coquillières de l'Écosse et de la Scandinavie. Elles le sont aussi sous le dépôt de blocs et de gravier qui occupe la vallée de Saint-Davids, entre les lacs Érié et Ontario. Les espèces fossiles sont en petit nombre, et, à une seule exception près, vivent encore, mais dans des mers situées sous des latitudes plus élevées. La plupart des coquilles sont identiques avec celles d'Uddevalla et confirmeraient ainsi cette idée déjà émise de l'existence d'une température plus basse à cette époque.

M. H.-D. Rogers(3) pense que les terrasses de l'Amérique du

---

(1) La profondeur du lac Champlain est de 182^{m},82; par conséquent son fond est à 154^{m},86 au-dessous du niveau de l'Atlantique.

(2) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 20. — *Amer. Journ.*, vol. XLVI, p. 214. —*Travels in North America*, vol. II, p. 151.

(3) *Third annual Meet.*, etc. Troisième réunion annuelle de l'Association des géologues américains. (*Amer. Journ.*, vol. XLIII, p. 153. 1842.)

Nord ne résultent pas d'un soulèvement graduel, mais qu'elles sont dues à une succession de soulèvements partiels; sans quoi les fossiles devraient s'y trouver à tous les niveaux, ce qui n'a pas lieu. Plus tard, le même savant a résumé comme il suit le sujet qui nous occupe (1).

Un grand dépôt d'argile bleue borde un certain nombre de rivières et de lacs, depuis les côtes de l'État du Maine jusqu'à celui de Michigan et du parallèle de l'embouchure de l'Hudson à celui du bas Saint-Laurent. Sur les bords du lac Champlain, c'est une argile bleue surmontée d'une argile brun-jaunâtre et de sable de même couleur. Au-dessus de ce dernier, dans plusieurs parties de la vallée de l'Hudson, M. Mather cite un dépôt de gravier avec plus de 20 espèces de coquilles marines qui vivent encore sur les côtes du Massachusetts et de la Nouvelle-Angleterre, et qui sont aussi presque toutes identiques avec celles des couches correspondantes des bords du Saint-Laurent et du lac Champlain. Près de ce dernier le dépôt quaternaire a 30 mètres d'épaisseur, et à Hudson 56. Dans le premier cas, il s'élève à 60 et 90 mètres au-dessus du niveau du lac et à plus de 120 au-dessus de la mer, hauteur qui s'accorde avec celle qu'il atteint dans la vallée de l'Hudson. On a vu à quelle élévation il avait été porté autour de Montréal; ainsi, pendant cette période, une grande partie du continent jusqu'au 42ᵉ degré lat. N. était au-dessous du niveau actuel de l'Océan. Pour M. H.-D. Rogers, la contemporanéité de beaucoup de ces dépôts n'est pas suffisamment prouvée, et peut-être l'auteur n'a-t-il pas tout à fait saisi la pensée de M. Lyell relativement aux preuves d'une température plus basse pendant cette même période.

MM. Hitchcock, Mather et Emmons avaient déjà établi que l'argile avec blocs et coquilles est postérieure à la formation des sillons et des surfaces polies des roches qui constituent le sol de la partie septentrionale du continent, car elle les recouvre immédiatement, ou repose sur un lit de gravier et de blocs qui fait partie du drift lui-même. Il paraît en outre que dans les vallées de l'Hudson, de Champlain et ailleurs, il y a, au-dessus de l'argile quaternaire dénudée ou ravinée, un autre dépôt erratique composé de gravier, de cailloux et de sable. Par le volume de ses blocs ce second dépôt de transport serait le résultat

(1) *Address delivered*, etc. (*Amer. Journ.*, vol. XLVII, nº 2, p. 260. 1844.

de causes aussi énergiques que le premier; et si l'on compare l'ancienneté relative des argiles du Nord avec celles du Sud qui renferment le *Gnathodon cuneatus* contemporain du *Mastodon giganteus* et des autres grands mammifères postérieurs au drift, on jugera que les couches coquillières du Nord sont probablement plus anciennes que celles du Sud, et qu'elles en ont été séparées par le phénomène du second drift.

Mais nous ferons remarquer au célèbre géologue à qui nous empruntons ces considérations, que les limites du second drift qui a succédé à l'argile coquillière du Nord ne paraissent pas avoir été déterminées vers le Sud avec assez d'exactitude pour qu'on puisse affirmer que le phénomène qui a détruit les grands mammifères n'en soit pas le prolongement dans cette direction. Nous ne voyons pas non plus que l'on ait établi la superposition à ce second drift des sables et argiles à Gnathodon et à débris de mammifères, ce qui serait une condition essentielle, et nous insistons sur cette observation parce que, ainsi que nous l'avons dit en commençant, c'est particulièrement en cela que consisterait, jusqu'à présent du moins, la principale différence des phénomènes de l'époque quaternaire des deux côtés de l'Atlantique.

Enfin, pour M. H.-D. Rogers, l'époque du drift constitue un seul et même tout. La dispersion des matières transportées au loin a été interrompue par un intervalle de repos, lorsqu'une partie de la région septentrionale était plus basse qu'aujourd'hui d'au moins 152 mètres, et que les eaux de la mer entraient dans les vallées. Pendant cette interruption les eaux du Nord avaient une température aussi froide qu'elle l'est actuellement à la même latitude, et après le dépôt du second drift l'adoucissement de la température favorisa le développement des Mastodontes sur le continent, ainsi que l'existence dans les eaux, au moins jusqu'au nord du Maryland, de certaines coquilles du golfe du Mexique; plus tard ces mêmes coquilles furent reléguées au Sud, et un faible soulèvement de la côte de l'Atlantique concourut à l'extinction des grands mammifères, circonstance assez analogue à ce que nous avons mentionné pour le nord de l'Asie.

§ 3. Formation erratique de l'Amérique du Nord.

Nous comprendrons sous ce titre, non seulement les dépôts de transport sablonneux, caillouteux et argileux avec des blocs soit enveloppés dans leur masse, soit isolés à leur surface, mais encore les roches polies, striées et sillonnées sur lesquelles ces maté-

riaux ont été accumulés. Nous avons quelquefois décrit séparément ces derniers effets, mais ici nous croyons devoir les réunir aux précédents pour éviter les répétitions et nous conformer à la marche adoptée par les auteurs qui en ont parlé. Nous signalerons en même temps les coquilles fluviatiles et terrestres et les ossements de grands mammifères qui ont été découverts dans les accumulations détritiques du Nord, parce qu'ordinairement les observateurs se sont bornés à des indications qui ne permettent pas toujours de décider auquel des deux *drifts* ces fossiles appartiennent; mais en général on doit penser qu'ils font plutôt partie du second que du premier.

Vermont. M. C.-B. Adams (1) a remarqué que dans la vallée de Winooski les roches étaient polies sur la pente occidentale des montagnes, et n'avaient éprouvé aucun frottement sur le côté opposé ou oriental.

Maine. M. Ch. Jackson (2) mentionne les sillons diluviens comme très fréquents et très distincts dans l'État du Maine, surtout à Hope et à Appleton. Ils ont jusqu'à $0^m,30$ de profondeur sur $0^m,15$ de large, et leur direction N.-O., S.-E. ne coïncidant pas avec celle des roches, ils ne peuvent être attribués à la désagrégation de ces dernières. Ils paraissent résulter d'un courant qui, suivant l'auteur, aurait marché du N. au S. ou du N.-O. au S.-E. Des digues semblables à celles dont nous avons déjà parlé, composées de sable et de gravier, existent à New-Limerick et à Houlton (p. 65). Elles sont allongées du N. au S., et beaucoup de fragments de roches qu'on y trouve ressemblent aux calcaires schisteux situés plus au nord, le long de la rivière Saint-Jean. Comme les sillons, ces amas de détritus seraient dus à des masses d'eau puissantes venant du N. ou du N.-O., et qui auraient balayé jusqu'aux plus hautes montagnes du Massachusetts.

Autour de Portland les sillons sont dirigés S. 10 à 15° E. Il y en a également à Westbrook et à Yarmouth, et les blocs erratiques de granite et de gneiss, que l'on suppose venir du N.-O., ne sont pas moins fréquents. Autour d'Augusta il existe des traces d'un ancien courant, et aux environs de Bangor (3) le terrain tertiaire, recouvert de cailloux roulés, est profondément raviné çà et là par

(1) *Amer. Journ.*, 2e sér., vol. V, p 110. 1848.
(2) *First report*, etc. Premier rapport sur la géologie de l'État du Maine, p. 59, in-8. 1837.
(3) *Second report*, etc. Second rapport sur la géologie du Maine, p. 22, in-8. Augusta, 1838.

des torrents qui ont charrié les débris du N. au S. On y remarque, comme à Atkinson, les roches schisteuses courant N.-E., S.-O. avec une inclinaison de 70° à 80° au S.-E.; coupées par des sillons parallèles, anguleux; très réguliers, dirigés N. 15° O. à S. 15° E. Les blocs erratiques sont nombreux et formés de roches primaires dont le gisement est au nord; et l'on observe une concordance frappante entre la direction des amas de cailloux auxquels ils appartiennent et celle des sillons. Ces derniers; dans la ville de Richemont, courent N., S. (p. 96), et M. Hitchcock(1) a été frappé de leur état de conservation aux environs de Portland, où ils font souvent des angles de 50° à 70° avec la direction des couches. Les blocs de granite et de syénite du Maine viennent du N. ou du N.-E. Il en est de même dans la Nouvelle-Écosse, et depuis ce dernier pays jusqu'aux bords occidentaux des grands lacs, on a presqu'à chaque pas, sur une étendue de 1200 à 1500 milles, des preuves d'un immense courant.

Entre Durham et Lee (2), le dépôt diluvien composé de sable granitique forme des collines coniques et régulières de 60 à 90 mètres d'élévation. Sur l'une d'elles sont accumulés de nombreux blocs de granite syénitique qui ont jusqu'à 5 mètres de haut. New-Hampshire.

Dans les comtés de Plymouth et de Barnstaple (3) le même dépôt est composé de sable blanc, de quelques cailloux et d'une très grande quantité de blocs de roches primaires (granite, syénite, gneiss, conglomérats de la grauwacke, feldspath compacte et porphyre), qui se retrouvent toutes en place le long de la côte, aux environs de Boston et du cap Anne. La formation erratique constitue presque toujours des monticules et des dépressions qui donnent à la surface du sol un aspect ondulé assez particulier. Ces ondulations ont quelquefois jusqu'à 100 mètres de hauteur, et, de Boston au cap Anne, le nombre des blocs erratiques est prodigieux. Quelques uns ont jusqu'à 9 et 12 mètres de diamètre, et ces détritus s'observent même sur les montagnes les plus considérables du pays. Massachusetts.

M. Hitchcock, l'un des géologues américains les plus instruits et

(1) *Sketch of the geology of Portland*, etc. (*Boston Journ. nat. hist.*, vol. I, p. 331. 1837.)

(2) Ch. Jackson, *First annual report*, etc. Premier rapport annuel sur la géologie du New-Hampshire. Concord., 1841.

(3) Ed. Hitchcock, *Report on the geology*, etc. Rapport sur la géologie, la minéralogie, etc. du Massachusetts, in-8. Amherst, 1833. — 2e éd. 1841. — *Amer. Journ.*, vol. XXVII, p. 340. 1835.

les plus judicieux, paraît être le premier qui, aux États-Unis, ait donné une attention sérieuse aux stries, aux sillons et aux surfaces polies des roches en place. Il a particulièrement signalé des surfaces polies et rayées sur le gneiss de Billerica. La direction des sillons est presque N., S., direction la plus générale dans toute la partie du Massachusetts, située à l'est du mont Hoosac. Sur beaucoup de points où le phénomène a été observé, la direction des sillons s'accorde avec celle des blocs erratiques ; ainsi dans l'ouest de l'État ils courent presque N.-O., S.-E. L'auteur a d'ailleurs parfaitement distingué ces résultats d'autres qui leur ressemblent à certains égards, mais qui sont dus à l'altération des roches schisteuses, ou à des veines dans les roches cristallines.

La direction des courants, dans le Massachusetts comme dans l'État de New-York, a été N.-O., S.-E., sauf deux exceptions que l'on peut attribuer à l'influence de causes locales (1). Toutes les rainures diluviennes auraient été produites par les grands blocs, épars aujourd'hui à la surface du pays, où ils conservent les traces d'un frottement très énergique. Comme tous ces fragments se trouvent à présent au sud et au sud-est des roches en place d'où ils proviennent, il ne peut y avoir d'incertitude sur la direction suivie par l'agent qui les a transportés.

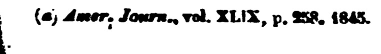
L'auteur combat ensuite l'hypothèse des causes actuelles, appliquée à l'explication de ces faits, de même que la supposition qu'ils seraient dus au retrait de la mer, lors du soulèvement du continent ; puis il fait remarquer que dans l'Amérique du Nord, entre la Nouvelle-Écosse et le lac Huron (2), les mêmes traces annoncent l'existence de courants venant du N. En outre, comme, dans l'ancien continent (3), des dépôts diluviens et les blocs erra-

---

(1) Voyez aussi : *Description d'une circonstance singulière de la dispersion de blocs et de pierres au-dessus du drift dans le comté de Berckshire* (a), où M. Hitchcock décrit une traînée de blocs de quinze milles de longueur, et qui, sans dévier, traverse obliquement les vallées et les montagnes. — H. D. et W. B. Rogers. (*Boston Journ. nat. hist.*, vol. V, p. 310. 1846.)

(2) Voyez aussi : Bigsby, *Transact. geol. Soc. of London*, 2e sér., vol. I, p. 175. — Lapham, *Amer. Journ.*, vol. XXII. — Jackson et Alger, *Mem. on the mineralogy*, etc. Mémoire sur la minéralogie et la géologie de la Nouvelle-Écosse.

(3) On a vu cependant que dans la Sibérie rien n'indiquait une


(a) *Amer. Journ.*, vol. XLIX, p. 258. 1845.

tiques paraissent aussi avoir été charriés des régions septentrionales, M. Hitchcock est porté à conclure que ce déluge, dont la direction semble être la même des deux côtés de l'hémisphère, a pu être occasionné par le soulèvement d'une portion considérable du fond de la mer arctique. M. de la Bèche (1) serait plus disposé à placer le centre de perturbation dans le nord de l'Europe; mais le savant géologue du Massachusetts regarde l'action diluvienne en Amérique comme le simple résultat de vagues puissantes provenant d'un centre commun; or, les traces du phénomène étant encore plus frappantes en Amérique qu'en Europe, on doit naturellement en induire que ce centre de mouvement était plus rapproché du nouveau monde que de l'ancien, quoique la direction générale des effets semble indiquer qu'il n'était pas fort éloigné du pôle.

(P. 169.) Les digues ou terrasses qui, dans les États de l'Est, ont été regardées comme des fortifications ou des remparts élevés par d'anciens peuples indigènes, et sur lesquelles il n'existe d'ailleurs aucune tradition certaine, résulteraient aussi de l'action diluviale et fluviatile. Leur nombre et leurs dimensions ne permettent pas, suivant l'auteur, de les attribuer au travail de l'homme, et, de plus, toutes sont composées de plusieurs lits de terre toujours horizontaux de chaque côté de la digue. Ce seraient des accumulations produites par les courants, ou bien des restes d'une formation tertiaire en partie détruite par ces mêmes courants. On conçoit que ces accidents du sol, dont il existe encore beaucoup d'exemples dans la Nouvelle-Angleterre, aient été choisis par les aborigènes pour s'y retirer comme dans les forêts, ou pour servir de lieux de sépulture; et ces circonstances les auront fait regarder comme des remparts élevés de main d'homme. Mais, à cet égard, nous ajouterons que les recherches de M. R. C. Taylor (2) sur les anciens monuments en terre du Visconsin ont été reprises et continuées avec beaucoup de soin par J.-N. Nicollet (3), qui ne doute point que ce ne soient réellement des ouvrages de l'homme.

---

action diluvienne venue du N. Les matériaux de transport semblent, au contraire, être descendus vers le nord de cette immense ride flexueuse qui s'étend des monts Stanovoï, sur les bords de la mer d'Okhotsk, à l'est, jusqu'à la steppe des Kirghiz, à l'ouest.

(1) *Manuel géologique*, traduct. française, p. 217, 218.

(2) *Amer. Journ.*, vol. XXXIV.

(3) *Report to illustrate*, etc. Rapport pour accompagner une carte du bassin hydrographique du Missisipi supérieur, p. 136, pl. 1-4. Washington, 1843.

Connecticut. Dans l'État du Connecticut, dit M. J. Percival (1), les amas détritiques ont été déposés par un courant dirigé du N.-N.-O. au S.-S.-E. Les blocs, épars à la surface du sol ou enveloppés dans une terre diluvienne, proviennent de roches situées au nord-ouest ou à l'ouest. Les comtés de New-London et de Windham (2) sont en grande partie recouverts par ces mêmes détritus composés de sable, de gravier, de cailloux et de blocs erratiques sur une épaisseur de 10 à 12 mètres. Au-dessus est un limon ou terre jaune qui s'étend en nappe continue. A Berlin, 12 milles au sud-ouest d'Harfort, des vertèbres de Mastodonte ont été découvertes dans un tuf lacustre avec des coquilles semblables à celles qui vivent dans les eaux douces du voisinage. Sur deux autres points des ossements fossiles ont également été recueillis (3).

New-York. Des blocs de diverses grandeurs et dont quelques uns sont d'un poids très considérable se trouvent, dans le comté de Suffolk, placés sur des chaînes de collines et entre celles-ci et la côte. On en rencontre aussi dans une couche subordonnée à des accumulations de sable, de gravier et d'argile, et quelques uns, lorsqu'ils en ont été dégagés, montrent des sillons sur plusieurs de leurs faces. Des roches en place, semblables à ces blocs, existent dans le Connecticut et le long de l'Hudson; aussi M. W.-W. Mather (4) pense-t-il que les blocs erratiques proviennent de ces mêmes roches. Comme ils sont aujourd'hui au sud de leur place originaire, et que la direction qu'ils ont dû suivre n'est pas celle des couches, leur position actuelle doit indiquer la direction de la force qui les a transportés, force attribuée par l'auteur, non à des courants puissants, mais à l'action des glaces.

Les blocs erratiques sont épars à la surface de l'île Longue et des îles voisines, ou bien enterrés dans des couches meubles constituant une chaîne de collines qui se prolonge à travers les îles Staten, Plum et Fischer. Dans l'île Longue les blocs se trouvent rarement au sud des collines, mais ils abondent toujours sur leur versant

(1) *Report on the Geology*, etc. Rapport sur la géologie de l'État du Connecticut, in-8. New-Haven, 1842.

(2) W. W. Mather, *Sketch of the Geology*, etc. Esquisse de la géologie des comtés de New-London et de Windham. Norwich, 1834.

(3) *Amer. Journ.*, vol. XXVII, p. 165. 1834.

(4) *First ann. report*, etc. Premier rapport annuel du premier district géologique de l'État de New-York, in-8. Albany, 1837.

septentrional et jusque sur la côte. Ce sont, comme on vient de le dire pour le Suffolk, des débris de roches cristallines situées vers le nord; puis quelques grès et des fragments de calcaire fossilifère du terrain de transition des bords de l'Hudson et de ses affluents. L'île Longue, ainsi qu'une grande partie de celle de Staten, est formée de sable et de limon alternant avec des lits subordonnés de gravier, de cailloux, de blocs et d'argile (1).

D'après M. Emmons (2), les débris de roches feldspathiques avec labradorite, que l'on trouve dans le comté de Saint-Laurent, proviennent du Labrador, et ils auraient été apportés par un courant dirigé N., S. Ceux du comté d'Orange proviendraient du comté d'Essex. Le sable, les cailloux et les blocs qui reposent sur les argiles coquillières des bords du lac Champlain semblent appartenir au second phénomène erratique, car le même géologue a très bien fait remarquer qu'ils sont plus récents que l'époque du frottement et du polissage des roches de transition, et en particulier des calcaires. Les surfaces polies, dit-il, passent toujours sous les argiles et les sables coquilliers, qui les ont ainsi préservées de toute altération. Cependant il regarde le soulèvement de ces couches comme le dernier phénomène qui ait affecté la vallée du lac Champlain, et cela sans avoir occasionné de secousses violentes (3).

Les blocs de la roche d'hypersthène du comté d'Essex se montrent tous dans la vallée de la Mohawk et jusque dans le comté d'Orange, suivant des lignes situées presqu'au sud de la roche en place. Les blocs de roches analogues que l'on rencontre à l'ouest sur les bords du lac Ontario et du Saint-Laurent semblent plutôt venir du N. (4).

Des collines composées de gravier, de sable et de cailloux roulés s'élèvent à une hauteur considérable dans le comté de Wayne et dans

(1) *State of New-York*, etc. Communication du gouverneur dans l'assemblée du 20 février 1838 ; rapport de M. W. W. Mather, p. 121. — Voyez aussi : Lyell, *Travels in North America*, vol. I. p. 238. 1845.

(2) *First annual report*, etc. Premier rapport annuel du deuxième district géol. de l'État de New-York, p. 97. Albany, 1837.

(3) *State of New-York*, etc. Communication du gouverneur, du 20 fév. 1838, p. 240. Rapport sur le 2e district géol. de l'État de New-York.

(4) Ed. Emmons, *Geology of New-York*, part. 2, in-4. Albany, 1842.

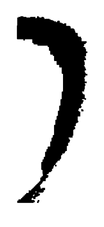
la partie orientale de celui de Monroe (1). Partout ailleurs, du Genessee au Niagara, le sol est seulement couvert de débris erratiques souvent mélangés de blocs étrangers au pays. Lorsque le calcaire est à nu on y remarque des surfaces polies et sillonnées. Tantôt ces sillons ne sont que de simples stries à peine visibles, tantôt ils sont nombreux, profonds et de plusieurs pieds de longueur ; leur direction générale est du N.-N.-E. au S.-S.-O. Ces effets résulteraient, suivant M. J. Hall, de courants océaniques qui ont traversé le pays soit avant, soit depuis la dernière élévation du sol, dont la surface n'a pas d'ailleurs éprouvé de changements notables. De plus, des dépôts de cailloux et de blocs recouverts d'argile, de sable et de limon constatent qu'il y a eu des courants violents dans des directions opposées; car sur le même point on rencontre à la fois des blocs de roche venus du N. et d'autres du S. La quantité de ces débris et l'étendue de l'espace qu'ils occupent prouvent une action prolongée pendant un laps de temps considérable, et qui, dans l'opinion de l'auteur, serait analogue à celles qui ont lieu dans les mers actuelles.

M. O. Hubbart (2) a signalé aux environs de New-York des blocs erratiques qui paraissent provenir du N.-O. et du S.-E. Le gneiss sur lequel ils reposent est couvert de sillons. Près de Manhattaville, sur le chemin de Bloomingdale, un sillon de 0m,06 de profondeur et de 0m,16 de large se trouve placé entre la route et le bloc auquel il aboutit, et semble avoir été produit par le mouvement de sa masse. Sur le côté occidental de l'île de New-York les blocs, fort nombreux aussi, atteignent de grandes dimensions. Comme dans les parties adjacentes de l'île Longue, les sillons et les rainures que montrent les roches en place, toutes les fois qu'elles sont à découvert, sont sur les pentes ouest et nord-ouest, tandis qu'on n'en voit aucune trace sur les pentes sud et sud-est également dénudées. On peut conclure de cette circonstance que le courant venait du N. 45° O. avec des variations extrêmes de 23°, coïncidant ainsi avec la direction des sillons tracés sur les diorites qui traversent la rivière et se prolongent dans le New-Jersey. Les sillons ont depuis 2 millimètres

---

(1) *State of New-York*, etc. Communication du gouverneur, etc., p. 287. J. Hall, second rapport annuel du 4e district géologique.

(2) *Notice of the third*, etc. Notice du troisième rapport annuel sur la géologie de l'État de New-York. (*Amer. Journ.*, vol. XXXIX, p. 95. 1840.)



jusqu'à $0^m,45$ de large sur $0^m,08$ de profondeur, et depuis $0^m,60$ de large jusqu'à $1^m,80$ et $2^m,40$ de profondeur. On peut les suivre s'élevant de dessous le niveau des eaux de la basse mer jusqu'à 21 mètres de hauteur, et à la distance de 100 et 130 mètres du rivage.

La surface du calcaire de transition de la vallée du Genessee est souvent polie de la manière la plus complète sur un grand nombre de points et sur des étendues considérables. Ces surfaces polies sont en outre marquées de sillons, comme si un corps raboteux et pesant, dit M. C. Dewey (1), y avait imprimé sa trace en se mouvant. Ces sillons sont presque parallèles entre eux, et leur direction est N.-E., S.-O. Plus tard, le même observateur (2) a décrit d'autres traces du même genre qu'il croit pouvoir attribuer à des glaciers; mais quant aux blocs erratiques de plusieurs localités, cette cause lui paraît insuffisante, parce que ces blocs sont actuellement séparés des roches en place, d'où ils proviennent, par des chaînes de montagnes beaucoup plus élevées que ces mêmes roches; aussi admet-il l'intervention des glaces flottantes charriées par de puissants courants.

En creusant le canal de la vallée du Genessee, au point où il traverse la rue Sophia à Rochester, on a découvert des débris de Mammouth (3), et M. Lyell (4) y a trouvé associées des coquilles lacustres qui vivent encore dans le pays. Des dents et des défenses du même *Elephas primigenius*, rencontrées sur les bords de l'Irondiquot-Creek, dans la ville de Perinton, non loin du lac Ontario, étaient ensevelis dans la masse de sable diluvien mêlé de cailloux et de blocs de roches primaires venus du nord. La surface du sol est en outre couverte de nombreux blocs erratiques. Des os de Mastodonte avaient été observés en 1785 dans la ville de Montgomery, comté d'Orange (5), et des dents du même animal, avec des débris d'autres mammifères, furent recueillies au débouché du lac Chau-

(1) Sur les calcaires polis de Rochester. (*Amer. Journ.*, vol. XXXVII, p. 240. 1839.) — *Transact. Assoc. amer. Geologists*, 1840, 1842, p. 264.—Sur les surfaces polies et les sillons de Black-Rock. (*Amer. Journ.*, vol. XXXV, p. 191. 1838.)

(2) *Amer. Journ.*, vol. XLIV, p. 146. 1843.

(3) *Ibid.*, vol. XXXIII, p. 201. 1837.

(4) *Travels in North America*, vol. I, p. 23 et 55.

(5) *Amer. Journ.*, vol. XXXI, p. 171. 1836.

tauque, à 7 milles au dessus de Buffalo (1). A Newburgh, un squelette très complet de ce grand pachyderme a été retiré d'une marne coquillière de 1 mètre d'épaisseur (2). Enfin une dent de *Megatherium*, découverte par M. Enfus Haymond (3) dans un gravier diluvien du comté de Franklin, est la première trace de cet animal qui ait encore été signalée au nord de la Géorgie et de la Virginie.

Plus récemment, M. Desor (4) a découvert dans le drift de la colline de Brooklyn, près de New-York, un assez grand nombre de coquilles, la plupart roulées et dont les analogues vivent encore, à une seule exception près, sur les côtes de la baie de New-York. Ce gisement, situé à plus de 40 mètres au-dessus de la mer, est surmonté par un dépôt de sable stratifié de 10 mètres d'épaisseur, alternant avec du gravier et recouvert de limon superficiel. Le drift des environs de Boston a présenté au même savant des coquilles semblables placées à 12 mètres de hauteur. Ces espèces paraîtraient indiquer un climat peut-être plus chaud que celui d'aujourd'hui sous la même latitude, et contrairement à ce que l'on aurait dû s'attendre à trouver d'après ce que nous avons dit plus haut ; mais, à cet égard, M. Desor, d'accord avec M. Gould, ne pense pas que les coquilles des marnes sablonneuses du lac Champlain et du Saint-Laurent marquent, comme l'avait admis M. Lyell, une température plus basse que celle de nos jours, et cela, parce que toutes ces coquilles, une seule exceptée, vivent encore à la même latitude sur les côtes de la Nouvelle-Angleterre.

M. W.-C. Redfield (5), en continuant ses recherches, a rencontré à deux milles au nord de Brooklyn les mêmes coquilles, également enveloppées dans le drift. D'après ce naturaliste, elles prouveraient que les espèces actuellement les plus communes sur la côte sont antérieures à ce dépôt. Elles n'indiquent pas non plus l'existence d'un climat plus froid, et appartiendraient à une époque plus ancienne que celles des argiles du Saint-Laurent et du

---

(1) *Amer. Journ.*, vol. XXVII, p. 165. 1834.
(2) *L'Institut.*, 1er juillet 1846. — *Ibid.*, 16 sept. — *Amer. Magaz. nat. hist.*, mars 1846. — Lettre de M. J. C. Warren à M. R. Owen. *L'Institut*, 30 sept. 1846. — *Amer. Journ.*, 2e sér., nº 2, p. 268. 1846.
(3) *Amer. Journ.*, vol. XLVI, p. 294. 1844.
(4) *Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 89. 1847. — *Compt. rend.*, vol. XXV., p. 681. 1847.
(5) *Amer. Journ.*, 2e sér., vol. V, p. 110. 1848.

lac Champlain, conclusion opposée à la nôtre, les coquilles de Brooklyn, quoique surmontées par un dépôt détritique, étant probablement contemporaines des grands mammifères et des coquilles fluviatiles et terrestres identiques avec celles qui vivent encore sur les lieux.

Dans les comtés du nord-est de la Pennsylvanie et les districts adjacents de l'état de New-York, on remarque, dit M. H. D. Rogers (1), que les sillons, très fréquents sur le sommet de toutes les chaînes de cette partie des Apalaches, sont dirigés presque N., S., comme l'indiquerait leur trajet, à travers la Nouvelle-Angleterre et la région des lacs. Ceux qui se trouvent sur les flancs et au fond des vallées suivent avec une grande exactitude les contours de ces vallées, se conformant ainsi à toutes les inflexions d'une masse d'eau en mouvement, qui aurait parcouru les sommets et les dépressions de ces chaînes. Les stries résulteraient du frottement des matériaux du drift venus du N., sous l'impulsion rapide qu'une ou plusieurs inondations soudaines leur auraient imprimée. Pennsylvanie.

Dans le Maryland (2) la formation erratique constitue une bande très considérable de matériaux meubles dont le volume diminue à mesure qu'ils s'éloignent de la chaîne primaire située au nord-ouest. C'est dans le voisinage de celle-ci que se montrent toujours les plus grands blocs et le plus gros gravier. Des ossements de cinq Mastodontes ont été récemment découverts dans l'État de New-Jersey (3). Maryland et New-Jersey.

Sous le dépôt de transport de la vallée de l'Ohio, M. J. Loke (4) a fait connaître l'existence d'une couche épaisse et fort étendue formée de débris de conifères, et que l'on atteint à des profondeurs qui varient de 10 à 20 mètres. M. Lyell (5) a décrit les terrasses sur lesquelles est bâtie la ville de Cincinnati, et, d'après leur analogie avec le terrain diluvien de la vallée du Rhin, il propose, pour leur mode de dépôt, l'explication que nous avons indiquée en parlant de cette Ohio.

(1) *Third ann. Meet.*, etc. Troisième réunion annuelle de l'Association des géologues américains. (*Amer. Journ.*, vol. XLIII, p. 180. 1842.

(2) J. T. Ducatel, *Report of the geology*, etc. Rapport sur la géologie du Maryland. 1836.

(3) *London, Edinb. and Dub. phil. Magaz.*, vol. XXVI, p. 453. 1845.

(4) *Transact. Assoc. amer. Geologists*, 1840-42, p. 240.

(5) *Travels in North America*, vol. II, p. 58. — J. Hall et Jeffries Wyman, *Sur la position géologique des ossements du Castoroïde de l'Ohio.* (*Boston Journ. nat. hist.*, vol. V, p. 365. 1846.)

dernière (*antè*, p. 181). L'*Elephas primigenius*, que l'on a vu si répandu dans toutes les couches détritiques de l'Europe et de l'Asie, a été cité dans ces terrasses avec des ossements de Mastodonte et des coquilles fluviatiles et terrestres dont les espèces vivent dans le voisinage.

Indiana. La formation erratique est tellement puissante à Indianopolis qu'aucun puits ne l'a encore traversée. Les blocs de roches primitives y sont très nombreux, surtout dans la partie nord de la région de Prairie (1). Une tête de *Mastodon giganteus* a été trouvée dans le comté de Crawford, dans une marne lacustre qui occupe la partie occidentale de l'État. Au-dessous est une argile bleu foncé reposant sur le calcaire de transition. Ces deux assises qui renferment des cailloux roulés ont une épaisseur de 45 à 60 mètres. Les blocs erratiques qui sont plus récents se voient à la surface. Une dent d'éléphant a été rencontrée dans l'argile bleue inférieure du comté de Jackson, et des os de Mastodonte et d'éléphant ont été découverts ensemble dans celui de Muskingum (2).

Missouri, Mississipi, etc. D'après une communication de M. Dickson (3), on aurait trouvé, dans le voisinage de Natchez, le *Megalonyx Jeffersonii* dans une argile bleue, tenace, inférieure au dépôt erratique de l'est de la ville, où il y a beaucoup de débris de *Mastodon giganteus*. Avec les ossements de *Megalonyx* se montraient des débris de bœuf, d'ours, deux cerfs, un ou deux chevaux et plusieurs genres d'animaux inédits. A 2 pieds au-dessous un os iliaque humain aurait été rencontré; mais nous ignorons si ce dernier fait a été constaté avec toute l'attention qu'il mérite (4).

Coteau de Prairie, Plus à l'ouest, entre la rivière de Saint-Pierre et le Missouri, le plateau est formé par un grès quartzeux rouge, parfaitement ho-

(1) D. Dale Owen. (*Amer. Journ.*, vol. XXXIV, p. 193. 1838.) — *First report*, etc. Premier rapport de la géologie de l'État d'Indiana en 1837. Indianopolis, 1839.

(2) *Amer. Journ.*, vol. XXXVI, p. 189. 1839.

(3) *Acad. des sc. de Philadelphie*, oct. 1846. — *L'Institut*, 23 juin 1847. — *Ann. and Magaz. of nat. hist.*, n° 125, avril 1847.

(4) Voyez aussi : *Ossements de Mastodonte trouvés à 22 milles au sud de Saint-Louis.* (*Amer. Journ.*, vol. XXXVII, p. 191. 1839. — R. Harlan, *Description de l'*Orycterotherium missouriense, *recueilli dans les sables de la rivière* "Pomme de terre" or "Bigbone River", *tributaire de celle des Osages dans le canton de Benton.* (*Amer. Journ.*, vol. XLIV, p. 69. 1843.—*L'Institut*, 5 oct. 1843.)

rizontal. La direction, N. un peu O., du plateau, indique celle du torrent diluvien dans cette région, et les blocs erratiques, épars le long de sa base, semblent provenir d'un point situé à plusieurs centaines de milles au nord. Le sommet et les flancs du Coteau de Prairie sont couverts de sables et de cailloux granitiques. M. G. Catlin (1) signale particulièrement la surface polie des roches de quartz à la carrière de *Pipe-stone*. Ce caractère est tellement prononcé que l'auteur le regarde comme résultant de la fusion de la roche qui serait passée à l'état de verre; supposition qui semble peu fondée et qu'il eût été d'ailleurs facile de vérifier.

Bassin supérieur du Mississipi, Orégon.

Dans le vaste espace que comprend le bassin hydrographique du Mississipi supérieur et sur lequel J.-N. Nicollet (2) a donné des détails si intéressants, un grand dépôt de sable, de gravier, de cailloux et d'argile, arrangés par zones et accompagnés de blocs plus ou moins volumineux, occupe presque toujours les dépressions du sol. Il se montre constamment entre la terre végétale et les roches de divers âges qui constituent le pays. Au nord et au sud de la partie occidentale du lac Supérieur, et jusqu'à la moitié de la distance de la rivière de Saint-Pierre, le dépôt recouvre les roches primaires; au sud de Saint-Pierre, à l'est et à l'ouest du Mississipi, il s'étend sur les couches siluriennes, tandis que dans le Missouri supérieur il surmonte la formation crétacée. Partout il se mêle avec les détritus des roches en place sous-jacentes. Son épaisseur très variable atteint quelquefois 45 à 50 mètres. On le trouve avec les blocs erratiques au sommet des collines, sur les plateaux élevés, aussi bien que dans les plaines et les vallées. Il a nivelé ou modifié les anciennes irrégularités du sol, et sa surface a été modifiée elle-même ensuite par les eaux et les agents atmosphériques.

En général, les blocs erratiques ne sont point arrondis, et ceux qui présentent ce caractère le doivent à la décomposition qui a eu lieu depuis leur transport. Ils paraissent avoir été amenés du nord, et abondent particulièrement sur les bords des grands lacs et sur les flancs des vallées. Leur volume a depuis quelques centimètres jusqu'à un mètre cube environ, et les plus gros, souvent placés sur les points

---

(1) *Account of a journey*, etc. Relation d'un voyage au Coteau de Prairie. (*Amer. Journ.*, vol. XXXVIII, p. 138. 1840.)

(2) *Report to illustrate*, etc. Rapport pour accompagner une carte du bassin hydrographique du Haut-Mississipi, p. 8, in-8, avec carte et planches de coupes et de fossiles. Washington, 1843.

les plus élevés, sont aussi les plus éloignés du lieu de leur origine. Ils ne sont pas, d'ailleurs, plus nombreux sur les pentes nord que sur les pentes sud des collines. Les roches qui les constituent sont des granites syénitiques, des syénites, des gneiss, des amphibolites, du jaspe rouge, des cailloux de quartz et une grande variété d'agates et de cornalines. Le sable et le gravier sont composés de petits fragments des mêmes roches.

Le plateau du Coteau de Prairie, comme l'avait dit M. Catlin, est aussi occupé par la formation erratique, et d'innombrables blocs encombrent les abords de ses lacs.

M. F. Shepherd (1) a reconnu la présence de stries, de sillons et de surfaces polies sur les granites, les syénites et les diorites des côtes nord et sud du lac Supérieur. La direction des stries est généralement N., S., et, lorsque le lac est tranquille et l'eau parfaitement transparente, on peut les observer jusqu'à une profondeur considérable sur le prolongement de celles qui sont voisines de la surface. On les suit également sur le pourtour du lac et des îles où elles conservent toujours les mêmes caractères, puis en s'élevant jusque sur les montagnes Huron, à 250 mètres au-dessus de l'eau, dont le niveau n'a certainement pas changé depuis six ou sept cents ans, comme on peut le déduire de l'âge des arbres (*Pinus abies*) qui croissent le long du rivage. Le lac ne gèle jamais que sur ses bords, et n'a ni marées ni courants. Beaucoup de blocs usés et striés se voient aussi à diverses hauteurs, depuis le sommet des montagnes jusqu'au niveau du lac, et parmi eux M. Shepherd en a remarqué provenant d'une sorte de poudingue, et qui, posés sur des crêtes dioritiques, se trouvaient ainsi portés beaucoup au-dessus du niveau où la même roche se montre en place. De grandes accumulations de détritus diluviens renferment encore des blocs semblables. Sur la côte nord-est des *Petits-Écrits*, il existe des terrasses de plusieurs milles de long, parfaitement régulières et horizontales, disposées en gradins à 60 ou 120 mètres d'élévation, et distantes de deux à trois milles du lac dont elles marquent les anciens niveaux successifs. Le niveau actuel est à 191 mètres au-dessus de celui de la baie d'Hudson, et les mêmes traces de frottement se présentent encore sur les montagnes qui séparent ces deux grandes masses d'eau.

Au-delà des montagnes Rocheuses, dans le territoire de l'Oré-

(1) *Amer. Journ.*, 2ᵉ sér., vol. IV, p. 282. 1847.

gon, M. H.-C. Perkins a découvert des débris d'éléphant fossile, de bœuf, etc.; mais il a donné peu de détails sur leur gisement (1), de même que M. Yung qui a mentionné des ossements de vertébrés sur les bords de la Multoomach, tributaire de l'Orégon (2).

§ 4. Généralités sur le terrain quaternaire de l'Amérique du Nord.

Si de l'examen des faits propres aux dépôts quaternaires des États-Unis nous passons à des considérations plus générales sur les causes qui les ont produits, nous trouverons que, sous ce rapport, les géologues américains ne sont pas non plus restés en arrière des géologues de l'Europe.

M. Mather (3) a indiqué la direction générale des stries, des sillons et du trajet des blocs erratiques. Ces derniers ne paraissent pas avoir dépassé le 38° ou le 39° lat. N., de même que, dans l'Amérique méridionale, M. Darwin, en s'approchant de l'équateur, ne les a pas vus au delà du 40° lat. S. M. Ch. Jackson (4) ne pense pas que l'hypothèse de l'extension des glaciers, telle que nous l'avons exposée pour certaines parties de l'ancien continent, soit applicable au nouveau; car on n'observe nulle part aux États-Unis le rayonnement des matériaux erratiques à partir des principales chaînes de montagnes. Dans l'État de Rhode-Island, cependant, il y a une sorte de divergence du point d'où proviennent les blocs; mais ceux-ci ne s'en trouvent pas moins dans la direction générale du grand *drift*.

M. E. Hitchcock (5), en résumant l'état de cette partie de la science, s'est attaché à faire voir que le phénomène erratique doit être le résultat d'une ou de plusieurs forces agissant dans une direction S. ou mieux S.-E., comme le montre celle des amas diluviens, des stries et des sillons, et que cette uniformité dans la direction des divers effets est la preuve de la généralité de la cause. Celle-ci s'est manifestée depuis le niveau de la mer, et même au-

---

(1) *Amer. Journ.*, vol. XLII, p. 136. 1842.
(2) *L'Institut*, 5 oct. 1843.
(3) *Amer. Journ.*, vol. XLI, p. 174. 1841.
(4) *Ibid.*, vol. XLIII, p. 151. 1842.
(5) *First anniversary address*, etc. — *The phenomena of drift*, etc. Les phénomènes du drift ou l'action glaciale-aqueuse dans le nord de l'Amérique, entre les périodes tertiaire et alluviale. (*Transact. of the Assoc. of Amer. geol.*, 1840-41, p. 164.)

dessous, jusqu'à 1220 mètres au dessus (mont Katahdin), tandis que les sommets des montagnes Blanches, qui atteignent 1900 mètres, ont été préservés. Les surfaces polies et les sillons, demeurés intacts à toutes les hauteurs, indiqueraient la simultanéité du phénomène. Les stries et les sillons conservent leur parallélisme sur de grandes étendues, et, lorsque des faisceaux de stries en coupent d'autres, elles n'en restent pas moins parallèles dans chaque faisceau.

L'agent auquel ces effets sont dus paraît s'être atténué de plus en plus en s'avançant au S., et l'absence de dérangement parmi les détritus qu'il a accumulés dans les vallées et sur les flancs des collines doit faire admettre que le niveau relatif des divers points du pays n'a pas été depuis sensiblement modifié par des mouvements verticaux. L'auteur ne croit pas que le transport des matériaux ait eu lieu pendant que le continent était sous l'Océan ; mais, d'un autre côté, les dépôts réguliers d'argile et de sable qui surmontent les détritus erratiques et la stratification plus ou moins prononcée des éléments les plus ténus démontrent que l'eau a été l'un des agents de leur transport. La présence des blocs du Michigan et du Canada, charriés vers le S. jusqu'au-delà de l'Ohio, à des distances de quatre cents et de cinq cents milles, oblige aussi de recourir à un second agent, qui serait la glace. Ces phénomènes, antérieurs à l'apparition de l'homme, auraient détruit la plupart des animaux dont les restes se trouvent dans ces accumulations détritiques, et leur action aurait été beaucoup plus puissante qu'aucune de celles qui ont actuellement lieu à la surface du globe.

Le savant géologue américain, qui n'avait pas alors une idée bien nette des distinctions qui, plus tard, furent établies dans la série des produits quaternaires, a trouvé que l'hypothèse des glaciers pouvait, à certains égards, rendre compte des effets observés aux États-Unis, sauf la direction générale du drift vers le S. et son transport des parties inférieures du sol à des niveaux très élevés. Ainsi, les roches siluriennes de l'État de New-York et les roches quartzeuses du Massachusetts ont été charriées et laissées sur les montagnes d'Hoosa, de Taconic et de High-Land. Enfin, certaines accumulations de débris, regardées comme des moraines très remarquables (comtés de Barnstaple et de Plymouth, Massachusetts), ne se trouvent point dans les vallées, mais sur le bord de la mer, à cinquante et même cent milles de distance des montagnes.

M. H.-D. Rogers, dont nous avons déjà fait connaître l'opinion

relativement aux dépôts coquilliers marins de l'époque quaternaire, a traité aussi de la formation erratique, dans son discours à la réunion des géologues américains, en 1844 (1). Les surfaces lisses, polies et sillonnées sont, d'après lui, coexistantes avec le drift, et se rencontrent depuis le sommet des montagnes jusqu'au fond des vallées et sur toute la surface si étendue des lacs et des États de l'Ouest. Dans la partie montagneuse, les points élevés et les flancs tournés vers le N. et le N.-O. sont beaucoup plus polis et striés que le revers sud-est. Les sillons ne rayonnent point des sommets, mais dans les vastes plaines et les prairies de l'Ouest, dans les montagnes entassées confusément de la Nouvelle-Angleterre, ou sur les crêtes transverses de la Pennsylvanie septentrionale, de l'ouest des États de Vermont et de Massachusetts, les sillons conservent partout et à tous les niveaux la direction S.-E. Il n'y a d'exception que pour les parties inférieures des grandes vallées dont ils suivent les déviations. Les sillons ne sont droits sur une certaine longueur que lorsque la roche est homogène et horizontale ; si, au contraire, elle n'a point partout la même dureté, ou si c'est un poudingue, les stries comme les sillons présentent une disposition et des caractères particuliers.

Quant au drift lui-même, il constitue dans toute la région septentrionale des États-Unis et dans les parties adjacentes des provinces Anglaises un dépôt meuble, composé de sable, d'argile, de gravier et de blocs de toutes les dimensions, diversement mélangés et stratifiés par place, comme ils pouvaient l'être par l'action de courants violents. Ces matériaux proviennent tous de roches du nord ou du nord-ouest, dont ils sont aujourd'hui séparés par des plaines, des vallées et de hautes montagnes, et les blocs n'ont certainement pas rayonné de centres particuliers. La limite méridionale du dépôt continu atteint l'île Longue et le nord de la Pennsylvanie, puis à l'ouest la rivière de l'Ohio; mais le gravier se prolonge dans les vallées de la Delaware, de la Susquehannah, du Mississipi, et fort loin au sud (2).

---

(1) *Amer. Journ.*, vol. XLVII, p. 264. 1844.

(2) M. D. Christy (*a*), qui paraît d'ailleurs avoir peu étudié les travaux de ses prédécesseurs, admet cependant le rayonnement des détritus erratiques et leur convergence vers l'axe du bassin du Mis-

(*a*) *Letter on geology. Erratic rocks of North America.* Oxford (Ohio), 1847. Lettre à M. de Verneuil.

La direction du transport du drift coïncide, dans chaque district, avec celle des sillons ou rainures (*scratches*). La grosseur des fragments roulés diminue à mesure que l'on s'avance vers le S. ou le S.-E., en s'éloignant des roches d'où ils proviennent. Dans les pays de plaines, les blocs sont uniformément dispersés sur un grand espace. A la base des plateaux ou des terrasses, en face des gorges et des crêtes élevées des montagnes, ils forment souvent de longues bandes étroites dont les bords conservent un parallélisme remarquable.

La direction du drift et des sillons est oblique par rapport à celle de beaucoup de chaînes ; mais il n'en est pas de même, comme on vient de le dire, dans les vallées où elle est modifiée par les accidents du sol. Les blocs de toutes les grandeurs sont eux-mêmes striés, et présentent des surfaces lisses indiquant l'action de fragments roulant les uns sur les autres. Enfin, comme l'a observé M. Hitchcock, on trouve dans la Nouvelle-Angleterre, l'État de New-York et le nord de la Pennsylvanie, des blocs d'un très grand volume à 300 et 450 mètres au dessus du niveau des roches en place d'où ils proviennent.

Relativement aux preuves d'un niveau du sol plus bas lors de la formation du drift, elles ont été déjà déduites de l'existence des argiles bleues. Il est très probable aussi que la région des grands lacs de l'ouest était plus basse qu'elle ne l'est aujourd'hui, quoiqu'on n'ait pas de preuves qu'elle le fût assez pour permettre l'invasion des eaux de la mer. Les vallées du Saint-Laurent, du lac Champlain, de l'Hudson et de la Mohawk, quelques unes des plus considérables de la Nouvelle-Angleterre, et même le lac Ontario, ont pu, sans doute, permettre l'accès de ses eaux dans leurs dépressions ; mais M. H.-D. Rogers ne pense pas, avec MM. Mather et J. Hall, que toute la région septentrionale des États-Unis ait été de 450 à 600 mètres plus basse qu'actuellement, et qu'en même temps la plus grande partie de la Nouvelle-Angleterre, de l'État de New-York, et la vaste surface des États de l'Ouest aient été sous la mer. La Nouvelle-Angleterre et la région montagneuse d'Adirondack formaient, du moins à l'époque de tranquillité des argiles bleues, des îles séparées du continent par des détroits peu profonds. Si, lors du dépôt des deux drifts, la surface du pays était sous les eaux de la mer,

---

sissipi. Il a donné en outre quelques indications sur la distribution et la limite des blocs, ainsi que sur la cause de leur transport.

comme quelques géologues le supposent, on ne voit pas pourquo on n'y trouverait aucune trace de débris marins (1), et tout porte à croire que les régions où l'on n'en rencontre point étaient émergées lorsque s'accumulaient les argiles coquillières des bords du Saint-Laurent, du lac Champlain, etc.

Le drift est plus récent que le terrain tertiaire moyen, puisqu'il recouvre des couches de cet âge dans l'île de Martha's Vineyard, et on peut le rapporter, dit l'auteur, à l'époque quaternaire ou *post-pliocène* de M. Lyell. Il a commencé avant le dépôt des argiles fossilifères du lac Champlain, etc. ; puis une autre grande dispersion de matériaux détritiques a eu lieu et a été suivie de l'ère des Mastodontes et des *Megatherium*. Mais à cet égard nous rappellerons que nous avons vu ces animaux ensevelis dans les dépôts diluviens de la plupart des États du Nord et de l'Ouest, et qu'on ne peut pas admettre par conséquent qu'ils aient vécu après le phénomène qui a transporté et accumulé ces détritus erratiques (2).

Quoiqu'il soit impossible d'apprécier exactement le temps que ces dépôts ont mis à se former, on conçoit cependant qu'il a dû être très long, quelle que soit l'hypothèse à laquelle on s'arrête ; mais il ne constitue en réalité qu'une seule oscillation de cet immense et lent balancier qui a compté les innombrables phases de l'histoire de la terre.

Après avoir mentionné les diverses opinions émises par MM. Hitchcock, Mather, Emmons, J. Hall, etc., et s'être attaché à les réfuter en tout ou en partie, M. H.-D. Rogers propose d'expliquer le transport des matériaux erratiques comme les surfaces polies, les stries et les sillons, par l'énorme puissance érosive que posséderait une couche épaisse de roches anguleuses, fragmentaires, entraînées avec une grande vitesse, sous les eaux

---

(1) C'est plus récemment que des coquilles ont été découvertes aux environs de New-York et de Boston (*antè*, p. 366).

(2) Ayant eu l'avantage, au moment où cette feuille était sous presse, de communiquer à M. H.-D. Rogers les doutes que nous avons exprimés (*antè*, p. 342 et 357) sur l'existence des grands mammifères *après* le second drift, nous sommes heureux d'ajouter ici que ce géologue éminent a bien voulu partager notre opinion, et reconnaître qu'en effet il n'y avait pas de preuves que le cataclysme qui a détruit les grands mammifères fût distinct du second drift, et que, par conséquent, on pouvait admettre que ces animaux avaient vécu pendant la période de repos qui a séparé les deux phénomènes diluviens. (Nov. 1848.)

d'une vaste inondation. Celle-ci résulterait d'un puissant soulèvement et de l'ondulation de la croûte terrestre pendant la secousse d'un tremblement de terre.

D'après les déductions expérimentales de M. Scott Russell sur les propriétés des vagues de translation (*antè*, vol. I, p. 147), dont nous avons déjà vu que M. Murchison avait fait une application au diluvium du nord de l'Europe (*antè*, p. 47), M. W. Hopkins a démontré (1) qu'un courant de 25 à 30 milles à l'heure, produit par un soulèvement rapide de 30 à 60 mètres, pouvait mouvoir un bloc du poids de 32000 kilogrammes. La force du courant croissant comme le carré de la vitesse, une faible augmentation de cette dernière a pu suffire pour opérer le transport de très gros blocs erratiques en Amérique comme en Europe.

Enfin, M. Rogers fait remarquer, en terminant, combien serait plus grande la vitesse qu'acquerrait un large courant s'il résultait d'une action paroxymatique de tremblement de terre, action que son frère et lui ont démontré accompagner tout mouvement d'élévation (*antè*, vol. I, p. 641). Ils ont établi, en outre, que lorsque le mouvement ondulatoire était en rapport avec la mer, les grandes vagues produites acquéraient une vitesse de plus de 1 mille par minute; aussi MM. Rogers regardent-ils les matériaux du drift comme pouvant être attribués à un phénomène de ce genre, qui aurait pris naissance dans les mers du Nord ou circumpolaires (2).

---

(1) Voyez *posteà* à la fin du *Supplément bibliographique*, p. 429 et 435.

(2) Voyez aussi : W.W. Baddeley, *On the conjectured buoyancy*, etc. Sur le flottage présumé des blocs à de grandes profondeurs dans l'Océan. (*Amer. Journ.*, vol. XXVIII, p. 111. 1835). — Desor, *Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 89. 1847. — Ch. Martins, *Du transport de certains blocs erratiques de la Scandinavie et de l'Amérique septentrionale par des glaces flottantes, considéré comme conséquence de l'ancienne extension des glaciers et des changements de niveau de ces contrées* (a). — Ce mémoire nous étant parvenu au moment de mettre ces feuilles sous presse, nous ne pouvons que reproduire ici le résumé de l'auteur : « Je ne pense pas, dit-il (p. 1123), » que l'on puisse expliquer le phénomène erratique de la Scandina- » vie, en Suisse, dans les Pyrénées et dans le nord de l'Amérique, » par les glaces flottantes détachées des glaciers, sans admettre im- » plicitement que les glaciers étaient plus grands qu'ils ne le sont » actuellement, et sans adopter par conséquent la théorie de l'an- » cienne extension des glaciers, telle qu'elle est formulée par » MM. Venetz, de Charpentier, Agassiz et Desor. »

(a) *Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 1113. 1847.

CHAPITRE X.

TERRAIN QUATERNAIRE DE L'AMÉRIQUE CENTRALE ET MÉRIDIONALE.

§ 1. Mexique et Antilles.

Autour du lac de Chapala, dans la province de Xalisco, des dépôts d'atterrissement composés de cailloux et de sable silicéo-argileux, avec des fragments des diverses roches environnantes, ont présenté de nombreux débris de Mastodontes et des végétaux dicotylédones silicifiés. Le grand nombre de localités où l'on trouve au Mexique des ossements d'éléphants, de Mastodontes et de tapirs, et la position des sédiments lacustres, souvent peu éloignés des principaux lacs, ont fait penser à M. H. Galeotti (1) qu'une immense invasion des eaux avait occasionné la destruction de ces animaux. D'autres ont été recueillis dans un tuf trachytique près d'Anganguer (2), et M. H. de Meyer (3) a décrit les ossements de *Mastodon angustidens*, de rhinocéros, d'éléphant, de cheval et des dents de *Charcharias* provenant aussi du Mexique.

Les rochers qui bordent la côte de l'île de Cuba, autour de la Havane (4), sont formés de calcaires madréporiques mélangés de grains de sable et de coquilles marines. Ces calcaires se lient sans doute de la manière la plus intime avec les bancs de polypiers dont nous avons parlé (*antè*, vol. I, p. 388). Ils sont exploités dans de grandes carrières et ont servi à bâtir tous les édifices publics et les maisons de la ville. Les couches ont 2 mètres d'épaisseur, mais souvent la stratification n'est plus apparente. La roche, généralement sub-compacte, solide, tenace ou grenue, à pâte grossière plus ou moins celluleuse, ne constitue plus alors que des masses irrégulières fracturées.

Près du village de Tiotihnacan, au pied des montagnes de

(1) *Coup d'œil sur la laguna de Chapala, au Mexique.* (*Bull. de l'Acad. roy. de Bruxelles*, vol. VI.)
(2) E. Schleiden, Lettre à M. Cotta. (*Neu. Jahrb.*, 1834, p. 33.)
(3) *Ibid.*, 1840, p. 581.
(4) *Bull. de l'Acad. roy. de Bruxelles*, vol. VIII, n° 6.

Patolo, M. Trioen (1) a trouvé des ossements et des dents de l'*Elephas primigenius* (2).

Dans l'île de Sainte-Croix, au-dessous des conglomérats coquilliers de l'époque actuelle (*antè* vol. I, p. 394), M. S. Hovay (3) signale des marnes et des grès calcarifères qui occupent la partie centrale de l'île, puis un calcaire à polypiers dans la partie méridionale. Les uns et les autres, quoique très récents, ont cependant éprouvé des dérangements et inclinent dans diverses directions.

Un ensemble de couches argileuses que l'auteur nomme *formation d'argile endurcie*, puis des calcaires coquilliers modernes ou très peu anciens et des trapps, constituent en général les îles des Indes occidentales. Dans celle d'Antigoa (4) ces trois roches sont nettement limitées, et les calcaires que nous rapportons à l'époque quaternaire occupent une étendue beaucoup plus considérable que les deux autres. Leur élévation est aussi moindre, ne dépassant pas 90 à 120 mètres. Ils se trouvent dans les parties nord et nord-est de l'île, et leur composition est variable comme à Sainte-Croix. Souvent ils sont marneux et friables, ou bien solides et plus ou moins compactes. Ils passent à un grès calcarifère jaunâtre, à cassure terreuse, employé pour les constructions. Leur stratification est souvent peu distincte, et ils recouvrent transgressivement le terrain ancien. Les bancs sont le plus ordinairement horizontaux ou faiblement inclinés en divers sens.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Bruxelles*, vol. VIII, p. 298. 1841.

(2) On voit, d'après ce qui précède, que les débris de Mammouth (*Elephas primigenius*) ont été trouvés depuis les Iles-Britanniques, à travers toute la zone tempérée de l'Europe et de l'Asie, et sur toutes les côtes et les îles de la mer Glaciale, jusque dans les falaises glacées des côtes orientales du détroit de Behring, puis dans la baie d'Eschscholtz, dans l'Amérique russe par 66° lat. N., dans la plupart des États de l'Union, dans la grande vallée du Mississipi et sur les côtes du golfe du Mexique, c'est-à-dire dans une zone qui comprendrait toutes les terres émergées entre le 40° et le 73° lat. N. Plus au sud, sous les tropiques, on n'en a pas encore signalé. Est-ce encore à cette espèce qu'ont appartenu les débris signalés par M. de Humboldt sur le plateau de Quito et à Cumanacoa (Colombie)? (*Voy. aux rég. équinox.*, vol. III, p. 83-84. — Voyez aussi, pour l'indication de documents plus anciens, Al. d'Orbigny, *Coq. et Echin. fossiles de la Colombie*, recueillis par M. Boussingault, chap. I, p. 3, in-4. Paris, 1842.

(3) *Amer. Journ.*, vol. XXXV, p. 64. 1838.

(4) *Ibid.*, p. 75. — T. Nugent, *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V. — T. Nicholson, *Antigua almanach and register*.

Les fossiles, presque toujours fort abondants, sont souvent à l'état de moules calcaires ou siliceux. Des coquilles fluviatiles et terrestres se montrent parmi les espèces marines dont le plus grand nombre existe encore sur la côte ou dans les mers voisines. Sur 41 espèces recueillies dans les couches correspondantes de la Barbade, 3 seulement ne vivent plus aujourd'hui dans cette partie de l'Atlantique (1).

Quelques auteurs ont cité, d'après M. R.-H. Shomburgk, des blocs erratiques de granite dans la Guyane, mais nous n'avons trouvé dans les publications de ce savant voyageur (2) rien qui justifie cette assertion, et il est probable que ces blocs, s'ils existent, sont plutôt le résultat de la décomposition sur place d'une partie de la roche que celui d'un transport mécanique à une plus ou moins grande distance de leur origine.

§ 2. Brésil.

Des grès rouges secondaires, que M. Claussen (3) nomme *grès itacolumites*, à cause de leur ressemblance avec le véritable itacolumite subordonné aux schistes cristallins, ont occupé anciennement une grande surface au Brésil, mais ils ont été depuis dénudés en partie, et leurs débris, mêlés à ceux des autres terrains, constituent le dépôt erratique diamantifère. Ce dernier ne contient ni or ni platine. L'or que l'on rencontre dans le *cascalho* diamantifère du *Serro do Frio* provient de détritus du véritable itacolumite, du sidérocriste, etc. Le dépôt diamantifère connu s'étend

Dépôts diamantifères et aurifères.

(1) C'est par une erreur de mots que M. P. Duchassaing (*a*) a réuni, sous la dénomination de *nouveau pliocène*, synonyme de *terrain quaternaire*, des roches de la Guadeloupe qui appartiennent au *terrain moderne*, puisqu'elles se forment encore et que l'une d'elles, la *roche à Galibis* (*b*), renferme les ossements humains connus depuis longtemps.

(2) *Journ. of an expedition*, etc. Journal d'une expédition de Pirara au Corentyne supérieur et à Demerara. (*Journ. roy. geographical Soc. of London*, vol. XV, p. 1. 1845.) — Leprieur, *Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 251. 1848.

(3) *Bull. de l'Acad. roy. de Bruxelles*, vol. VIII, n° 5. — Voyez aussi : Denis, *Gisement du diamant au Brésil.* (*L'Institut*, n° 342, p. 240. — *Ann. des mines*, 3e sér., vol. XIX, p. 602.) — Clemençon. (*Ann. Soc. linn. de Lyon.* 1836.) — Lomonosoff. (*Compt. rend.*, vol. XVI, 2 janv. 1843. — *Bull.*, vol. XIV, p. 232, *Nota.*)

(*a*) *Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 1094. 1847.

(*b*) Nom du peuple qui habitait l'île avant les Caraïbes et auquel on croit que les squelettes ont appartenu.

dans les provinces de Minas Geraës et de Saint-Paul, du 16e au 26e degré lat. S. Lorsque les diamants disparaissent à cette dernière latitude, dans la province de Saint-Paul, on commence à trouver les schistes bitumineux qui contiennent la houille de la province de Sainte-Catherine.

Dans le nord de celle de Minas, le grès rouge est recouvert de calcaires rapportés à la formation jurassique et sur lesquels reposent des marnes gypseuses avec sel marin. Les diamants se trouvent dans les rivières, partout où les vallées ont été assez excavées pour atteindre le grès rouge. En 1839, on découvrit le diamant en place dans le psammite du *Serro do Santo-Antonio* de Grammagoa, montagne composée de couches puissantes de grès recouvrant une sorte de macigno du terrain de transition. Les diamants étaient empâtés dans le psammite; mais dans le grès itacolumite précédent on en rencontre quelquefois qui sont placés entre les feuillets du mica, comme les grenats dans le micaschiste. Les diamants de cette roche sont, dit-on, des octaèdres dont les arêtes sont arrondies, tandis que, dans le psammite, les cristaux sont intacts, ce qui pourrait faire supposer que la cause qui a changé le grès en itacolumite a pu arrondir les angles et les arêtes des cristaux.

Jusqu'alors on devait regarder le psammite rouge et le grès itacolumite secondaire comme les seuls gisements du diamant, gisements d'où provenaient tous ceux que l'on exploite dans le *cascalho* et le dépôt erratique ; mais on sait que, depuis, ce précieux minéral a été trouvé dans le véritable itacolumite subordonné au talcschiste et à des roches de quartz. Les mineurs brésiliens appellent *groupiara* les galets, le sable et les graviers constituant le diluvium proprement dit, qui occupe les lieux élevés où n'arrivent plus les eaux des rivières actuelles ; *burgalho* les petits fragments anguleux épars à la surface du sol et provenant de la roche sous-jacente ; *cascalho* le sable et les galets mêlés d'argile dans le lit des rivières, des torrents et au fond des lacs ; *tahoa-canga* ou *tapanahoa-canga* des dépôts semblables aux précédents, mais agglutinés par un ciment ferrugineux. Ces divers détritus diluviens ou alluviens sont d'autant plus riches en or ou en diamants qu'ils sont plus rapprochés des roches qui renferment ces substances. Ils sont susceptibles d'être exploités jusqu'à environ dix lieues de ces mêmes roches.

M. de Humboldt (1) a comparé les gisements métallifères de

(1) *Asie centrale*, vol. I, p. 500.

l'Oural avec ceux du Brésil, où la destruction de couches chloriteuses et de brèches ferrugineuses a produit le dépôt meuble dans lequel on exploite l'or, les diamants et le platine. Dans l'Oural comme dans l'Altaï, on a vu que la presque totalité des éruptions métalliques avait eu lieu sur le versant oriental; dans le nouveau monde, cette particularité se présente encore, et telle est la position des exploitations du Choco et du Mexique. Aux États-Unis, les lavages d'or sont sur le versant oriental des Alleghanys de Virginie (1), des deux Carolines (2), de la Pennsylvanie et de la Géorgie. Ce sont les sables des États-Unis qui, après ceux de Bornéo, ont produit les plus grosses pépites d'or. Les alluvions aurifères de l'île d'Haïti sont mélangées de beaucoup de pyrites magnétiques (p. 527).

Si l'on jette un coup d'œil sur cette analogie dans les deux hémisphères (p. 539) et sur la distribution géographique des gisements de l'or dans l'ancien continent, on sera frappé, dit l'illustre savant, de la grandeur et de la généralité du phénomène qui s'étend par groupes diversement espacés, non seulement du N. au S. sur 8 degrés de latitude dans la chaîne méridienne de l'Oural, mais encore dans presque toute l'Asie boréale et une partie de l'Europe sur 80 degrés de longitude, depuis les monts Oudskoi, qui bordent la mer d'Okhotsk, jusqu'au méridien d'Artinsk, de Perm, etc., à l'ouest de l'Oural. On pourrait même le suivre plus loin en Europe, dans le centre et l'ouest, jusqu'en Espagne et en Portugal.

Cavernes à ossements.

Les cavernes à ossements du Brésil sont comprises entre les rivières de Rio das Velas et de Paraopeba, dans la province de Minas

---

(1) La région aurifère des États-Unis, connue par les travaux des mines, s'étend de la Rappahammock (Virginie) à la Coosa (Alabama), dans la partie qui borde les montagnes Bleues. On en a trouvé des traces autour du golfe de Mexico et, au nord, dans le Vermont. La bande aurifère est formée de schistes talqueux et de granite, alternant avec des amphibolites, des gneiss et des schistes chloriteux dirigés N.-N.-E., S.-S.-O. La plus grande quantité d'or obtenue provient du lavage des dépôts de transport accumulés dans les vallées le long des ruisseaux et des ravins. (J. Dickson, *Transact. geol. Soc. of Pennsylvania*, août 1834, p. 1. — Rapport de M. Andres, *Ib.*, p. 147.) — Découverte d'un diamant en 1846 dans le lavage d'or de la Caroline du Nord (comté de Rutherford), où se trouve une roche semblable à l'itacolumite du Brésil. On en avait déjà trouvé dans le comté de Hall (Géorgie). — *Amer. Journ.*, 2e sér., vol. II, p. 253. 1846.

(2) *Amer. Journ.*, vol. XLVIII, p. 398. 1845.

Geraës. Le pays forme un plateau élevé de 600 à 700 mètres au-dessus de l'Océan et traversé par une chaîne calcaire basse. Les couches calcaires horizontales sont criblées de cavernes plus ou moins remplies de terre rouge semblable à celle qui constitue le sol du plateau. Celle-ci, qui s'étend également sur les plaines, les vallées et les collines, est une argile impure, ferrugineuse, passant quelquefois à un minerai de fer pisolithique et renfermant des lits de gravier et de cailloux de quartz. Les ossements gisent pêle-mêle dans cette terre des cavernes, et M. Lund (1) pense que quelques uns de ces animaux peuvent y avoir vécu et d'autres y avoir été entraînés ou bien y être tombés par accident. Quant à l'âge du calcaire où se trouvent les grottes, il se borne à signaler sa ressemblance avec le zechstein, tandis que M. Claussen (2) le rapporte au terrain de transition.

Ce dernier naturaliste a fait remarquer que la couche de limon était quelquefois recouverte de stalagmites, et dans une de ces cavernes il a compté jusqu'à sept couches d'ossements séparées par

(1) *Extrait d'une lettre écrite de Lagoa-Santa*, 5 nov. 1838. — *Compt. rend.*, vol. VIII, p. 570. 15 avril 1839. — *Mémoire adressé à la Soc. des sciences de Copenhague et imprimé en* 1838. — Traduit dans plusieurs numéros du *Magaz. nat. History*, vol. IV, 1840. — *Ann. des sc. nat.*, vol. II, p. 205 à 214. 1839. — *Lettre datée de Lagoa*, 1er *avril* 1840. *Ib.*, vol. XIII, p. 310. — *Rapport de M. A. Wagner sur le mémoire de M. Lund, concernant les mammifères vivants et fossiles du Brésil.* (*Arch. für Naturges. de Wiegman*, 9e année, vol. I. 1843). — *Blik paa Brasiliens Dyreverden*, etc. Coup d'œil sur la faune du Brésil avant la dernière révolution du globe, in-4, 12 pl. Copenhague, 1838. — *Tidssk f. Naturvid. de Krœyer*, vol. III, p. 85. 1840; *ib.*, p. 700. — *Isis*, 1841, p. 686. — *Addenda*, dans le résumé des travaux de la Société roy. des sc. de Danemark pour 1841. — *Ann. des sc. nat.*, vol. X. p. 356. 1842. — *Nouvelles espèces fossiles d'Armadilles et de Paresseux, et sur le Platignathus.* (*Tidssk f. Naturvid. de Krœyer*, vol. III, p. 583. 1841.) — *Overs. over d. k. Dansk. vid. selsk forh.* 1841. — *Les animaux carnivores de l'époque primordiale et de l'époque actuelle du Brésil.* (*Overs. over det kongl. Dansk. vidensk. selsk forh.* d'Oersted pour 1842.) — *Isis*, 1843, p. 815. — *Sur les os humains*, etc. (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 710.) — *Réclamation contre M. Claussen.* (*Ib.*, 1843, p. 785.) — H. de Meyer, *Sur les singes fossiles trouvés dans les cavernes du Brésil et les couches tertiaires de l'Allemagne, de la France, de la Grèce et de l'Inde.* (*Neu. Jahrb.*, 1840, p. 582.)

(2) *Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, vol. VIII, n° 5.

autant de couches de calcaire concrétionné. Des coquilles fluviatiles et terrestres, qui paraissent identiques avec celles qui vivent dans le pays, se rencontrent encore dans la terre rouge. Sur un seul point M. Claussen a recueilli des fragments de poteries couverts d'une couche mince de stalagmite et placés au milieu d'os de *Platyonyx Cuvieri* parfaitement conservés, et sans que le sol environnant parût avoir été remué.

Les recherches de MM. Lund et Claussen ont fait connaître, dans cette faune anté-diluvienne du Brésil, 101 espèces de mammifères réparties dans 50 genres, et, pour donner une idée de l'importance scientifique de cette découverte, nous dirons quelques mots des ordres, des familles et des genres auxquels ces animaux appartiennent.

EDENTATA. — *Mirmecophaga gigantea.*

EFFODIENTIA. — 2 *Dasypus*, 1 *Xenurus*, 1 *Euryodon*, 1 *Heterodon*, 2 *Chlamydotherium*, 3 *Hoplophorus et* 1 *Pachytherium.*

BRADYPODA. — Le groupe des Tatous précédents conduit à la famille des Paresseux, qui, à l'époque dont nous nous occupons, jouait dans ces contrées un rôle très important par le nombre et la variété de ses formes ainsi que par la grande taille des espèces. 1 *Megatherium*, 6 *Platyonyx*, 2 *Megalonyx*, 1 *Sphenodon*. La famille des Fourmiliers, celle des Tatous et celle des Paresseux, qui, aujourd'hui, sont propres à l'Amérique, s'y trouvaient aussi exclusivement à l'époque quaternaire, car aucune espèce n'a encore été signalée dans les dépôts diluviens des autres pays. L'ordre des Édentés était alors plus nombreux en espèces qu'il ne l'est actuellement.

PACHYDERMATA. — Comme les précédentes, cette famille avait aussi plus de représentants qu'à présent. C'étaient 2 Tapirs, 5 *Dicotyles*, 1 *Mastodon*, 1 *Equus.*

RUMINANTIA. — On ne connaît dans le pays que le genre Cerf qui y vit encore. On y compte 7 espèces fossiles : 1 Antilope, 2 *Auchenia*, 2 *Leplotherium* et 2 Cerfs.

FERÆ. — 5 *Felis*, 2 *Canis*, 1 *Cynailurus*, 1 *Mephilis*, 1 *Galictis*, 1 *Nasua*, 1 *Speothos*, 1 Hyène (*H. neogæa*), avec des débris de Pacas, d'Agoutis, de Pécari, etc.

MARSUPIALIA. — 7 espèces de *Didelphis.*

GLIRES. — Les rongeurs étaient également fort abondants. On en compte 32 espèces, dont plusieurs appartiennent à des genres nouveaux.

Dans les familles précédentes, les genres et les espèces étaient plus nombreux qu'actuellement ; mais il n'en est pas de même des deux suivantes.

CHEIROPTERA. — Ossements comparativement assez rares, ce qui peut être dû à des circonstances indépendantes de leur nombre : 3 genres et 7 espèces.

SIMIÆ. — 4 Genres (2 *Jacchus*, 1 *Cibus*, 1 *Callithrix*, 1 *Protopithecus*.

Ainsi cette partie de la zone torride offrait une création animale plus riche, plus variée et plus gigantesque que celle qui l'occupe aujourd'hui, et l'Amérique du Sud nourrissait les mêmes formes qui la caractérisent encore ; mais les espèces, à une seule exception près (*Loncheres elegans*), paraissent être différentes.

Relativement aux ossements de cheval, le même naturaliste a fait remarquer qu'on en avait signalé à l'état fossile dans l'Amérique du Nord comme dans l'Uruguay, et qu'ainsi ce genre avait existé en même temps sous toutes les latitudes du nouveau monde, d'où il disparut complétement pour s'y montrer de nouveau sous les auspices et par l'influence de l'homme. Outre les débris de mammifères dont nous venons de parler, M. Lund a recueilli beaucoup d'oiseaux, entre autres deux espèces d'Autruche, dont une plus grande que l'espèce vivante ; puis quelques serpents, plusieurs sauriens (Monitors, crocodiles), de nombreux batraciens, une grande quantité de coquilles fluviatiles et terrestres, enfin des animaux articulés tels que des Jules, des Polymères, etc.

Nous avons parlé plusieurs fois de l'incertitude où les observations géologiques nous laissaient encore sur l'époque de l'apparition de l'homme, et nous avons indiqué (*antè*, p. 1) quelques publications où se trouvent rassemblés, quoiqu'à des points de vue différents, la plupart des faits qui se rattachent à cette question. Les circonstances heureuses dans lesquelles s'est trouvé M. Lund, l'ont engagé à diriger aussi ses recherches sur ce sujet, et il en a fait connaître les résultats en 1845 (1).

(1) *Compt. rend.*, vol. XX, p. 1368. 1845. — *L'Institut*, 7 ma

Après avoir examiné plus de 800 cavernes, il n'a trouvé d'ossements humains que dans 6 d'entre elles, et il n'y en a qu'une seule où il ait remarqué, à côté des restes humains, des os d'animaux d'espèces soit éteintes, soit encore existantes. Ce fait, quoique unique, le porte à admettre que l'homme remonte au-delà des temps historiques et que la race qui vivait dans le pays à l'époque la plus reculée était, quant à son type général, la même que celle qui l'habitait encore au temps de la découverte par les Européens. Cette race était remarquable par la conformation du front, semblable à celle des figures sculptées qu'on retrouve dans les anciens monuments du Mexique (1).

Les os humains étaient absolument dans le même état que ceux des animaux soit d'espèces perdues, soit d'espèces existantes au milieu desquels ils se trouvaient, entre autres des os de cheval identique avec l'espèce actuelle qui, comme on vient de le dire, était inconnue aux habitants lors de la conquête. Les anciens crânes humains observés dans diverses parties de l'Europe offrent la même dépression frontale que les crânes fossiles du Brésil, et la conformation particulière des incisives du type américain, c'est-à-dire une surface plane broyante analogue à celle des molaires, se montre également dans les têtes des anciens Égyptiens (2). Les haches en pierre des cavernes du Brésil sont, en outre,

---

1845. — *Bull. de la Soc. de géographie*, 3e sér., vol. III, p. 250. 1845. — *Edinb. new phil. Journ.* vol. XXXI, p. 192. — *Ibid.*, vol. XXXVI, p. 38. 1844. — *The Athenæum*, 13 mars 1841. — *L'Institut*, 6 oct. 1842.

(1) *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXXI et XXXVI. 1844.

(2) « Les têtes que l'on a découvertes dans diverses localités de » l'Allemagne n'ont rien de commun avec celles des habitants actuels » de cette contrée. Leur conformation est remarquable en ce qu'elle » offre un aplatissement considérable du front, semblable à celui qui » existe chez tous les sauvages qui ont adopté la coutume de com- » primer cette partie de la tête. Ainsi certains crânes, et ceux, par » exemple, trouvés dans les environs de Baden en Autriche, ont » offert de grandes analogies avec ceux des races africaines ou » nègres, tandis que ceux des bords du Rhin et du Danube ont pré- » senté d'assez grandes ressemblances avec les crânes des Caraïbes » ou avec ceux des anciens habitants du Chili et du Pérou. » M. Marcel de Serres (*a*) conclut que cette race d'hommes est antérieure aux temps historiques, et qu'elle est au moins contemporaine de la dispersion des détritus diluviens.

(*a*) *Essai sur les cavernes à ossements*, p. 223, in-8, 3e éd. Paris, 1838.

identiques avec celles que l'on rencontre si fréquemment en Europe.

§ 3. Formation des Pampas.

Au sud et à l'ouest du Brésil, dans les provinces d'Uruguay, d'Entre-Rios et de la Plata, jusque sur les limites de la Patagonie, puis en remontant les affluents du Paraguay et atteignant le haut plateau de la Bolivia, on trouve un vaste dépôt plus ou moins argileux, sablonneux et calcarifère, dont les caractères sont toujours reconnaissables et qui renferme les débris de toute une faune de grands mammifères contemporains de ceux que nous venons de signaler dans les cavernes du Brésil. Des voyages récents nous ont permis d'apprécier tout ce qui concerne ce dépôt remarquable de limon des Pampas, sur l'âge duquel les savants qui l'ont le mieux étudié, entre autres MM. Ch. Darwin et Alc. d'Orbigny, ne sont point parfaitement d'accord. Nous dirons en quoi consiste cette divergence d'opinions, lorsqu'après avoir exposé les résultats obtenus par le premier de ces naturalistes nous passerons à ceux que le second a présentés. Mais nous devons rappeler auparavant que dès 1832 M. Woodbine Parish (1) avait donné des indications précises sur le gisement de plusieurs individus de *Megatherium* trouvés dans le lit même de la rivière Salado et dans d'autres localités assez éloignées. L'individu qu'il envoya à Londres à cette époque était un peu plus grand que celui qui fut adressé, il y a près d'un demi-siècle, au muséum de Madrid. Des débris du même animal et de *Glyptodon* avaient été signalés pour la première fois par Falkner en 1787 sur les bords du Rio-Tercero (2).

---

(1) W. Clift, *Some account*, etc. Considérations sur les débris de *Megatherium* envoyés par M. W. Parish de Buenos-Ayres en Angleterre en 1832. (*Transact. geol. Soc. of London*, 2e sér., vol. III, p. 437, avec 4 pl. 1835. Mém. lu en 1832.) — Voyez aussi : Vilardebo et Isabelle, *Sur la découverte d'un ossement de très grand mammifère et d'une carapace d'un énorme Tatou, au mois de septembre 1837, dans la rivière de Pedernal (gouvernement de Monte-Video)* (*a*). — E. d'Alton, *Sur les fragments de cuirasse et d'ossements fossiles d'édentés, envoyés de la Banda-Orientale par Sellow* (*b*).

(2) Voyez le *Coup d'œil historique sur la paléontologie de l'Amérique méridionale*, dont M. Alc. d'Orbigny a fait précéder son

(*a*) *Bull.*, vol. XI, p. 156. 1840. — *L'Universal*, nos 2551, 2553 et 2555. Mars 1838.
(*b*) *Abh. d. Berlin Akad.*, 1833. Berlin, 1835. Partie physique, p. 369, pl. I. — *Neu. Jahrb.*, 1837. p. 603.

Travaux de M. Darwin.

M. Ch. Darwin, à la suite de son grand voyage avec l'expédition scientifique du vaisseau le *Beagle*, de 1832 à 1835, a fait connaître les résultats de ses observations aussi nombreuses que variées. Celles qui se rapportent particulièrement aux terrains quaternaire et tertiaire ont été publiées à plusieurs reprises : d'abord en 1835 et 1837 dans les *Proceedings* de la Société géologique de Londres (1), puis en 1839 dans un ouvrage particulier intitulé *Journal et remarques* (2), en 1842 dans les *Transactions* de la Société géologique de Londres (3), enfin en 1846 dans ses *Observations géologiques sur l'Amérique du Sud* (4). Ce que nous allons dire sera donc extrait de ces diverses publications dans lesquelles les mêmes faits et souvent les mêmes idées ont été reproduits avec plus ou moins de développement. Mais comme les uns et les autres, indiqués pour la plupart dès 1835 et 1837, sont plus complétement exposés et résumés dans le dernier de ces ouvrages, qui est postérieur à la publication du *Voyage dans l'Amérique méridionale*, de M. Alc. d'Orbigny (5), nous devrons anticiper quelquefois sur l'examen de celui-ci, à cause des allusions que M. Darwin a faites à certains passages.

Le dépôt des Pampas (6) est une terre argileuse, d'un brun rouge foncé, légèrement endurcie, renfermant parfois des lits horizontaux de concrétions marneuses, qui passent souvent à une roche

---

mémoire sur les fossiles recueillis dans la Colombie par M. Boussingault. In-4. Paris, 1842. La découverte de Falkner, rapportée à l'année 1770, aurait été faite sur les bords du Rio de Carcaranan, qui est aussi un affluent du Parana.

(1) *Geological notes*, etc. Notes géologiques sur les côtes est et ouest de l'Amérique du Sud. pendant les années 1832 à 1835, avec des coupes de la Cordillère, entre Valparaiso et Mendoza. (*Proceed. geol. soc. of London*, vol. II, p. 210. 18 nov. 1835.) — *A Sketch of the deposits*, etc. Esquisse des dépôts contenant des mammifères éteints dans les environs de la Plata. (*Ibid.*, p. 542. 1837.)

(2) *Narrative of the surveying voyages*, etc. Relation des voyages d'exploration, etc., vol. III. *Journal and Remarks*, etc. in-8. Londres, 1839.

(3) *On the distribution*, etc. Sur la distribution des blocs erratiques et sur la contemporanéité des dépôts non stratifiés de l'Amérique méridionale. Mém. lu en 1841. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. III, p. 425. — *Transact. id.*, vol. VI, p. 415. 1842.)

(4) *Geological observations on South America*. Observations géologiques sur l'Amérique du Sud. 3e partie de la géologie du voyage du *Beagle*, in-8, avec carte, coupes et 4 pl. de fossiles. Londres, 1846.

(5) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, in-4, vol. III. Géologie, 4 cartes et 6 pl. de coupes. Paris, 1842.

(6) *Geological observations*, etc., p. 76.

tantôt compacte, tantôt caverneuse, ou bien à un tuf calcaire appelé *tosca*, roche différente du tuf ponceux qui porte le même nom à Ténériffe (*antè*, vol. I, p. 551). La terre jaune ou limon ne contient pas ordinairement de carbonate de chaux, et M. Darwin la nomme *boue pampéenne* (*pampean mud*).

Dans la plaine de Buenos-Ayres, élevée de 9 à 12 mètres au-dessus de la mer, le limon est d'une teinte pâle; il renferme de petits nodules presque blancs et des couches irrégulières d'une variété arénacée de tosca. On a trouvé du sable au-dessous, jusqu'à la profondeur de 30 mètres. Sur quelques points élevés du pays, le dépôt renferme une grande quantité d'*Azara labiata* d'Orb. De Buenos-Ayres au Rio-Colorado, sur une étendue de 400 milles géographiques, règne le limon des Pampas, qui devient plus calcarifère vers le sud. Des plaques de *Glyptodon*, des os de *Megatherium* et d'autres quadrupèdes y ont été recueillis, et, dans la falaise du Rio-Salado, le gypse cristallin y est en grande quantité. Plus loin, la tosca, très développée, très compacte, et même demi-cristalline, recouvre le limon avec ses concrétions.

A trente milles au sud, la petite chaîne de quartzite de Tapalguen est bordée au nord et au midi par des collines étroites, aplaties au sommet et composées de tosca. Jusqu'à la chaîne quartzeuse de la Sierra-Ventana, on rencontre toujours les lits marneux ou calcaires. Ces derniers entourent aussi la chaîne dont le plus haut sommet atteint 1018 mètres d'altitude, tandis que la plaine environnante se maintient à 256 mètres. Autour de cette chaîne et d'autres plus petites, qui séparent le bassin du Rio-Colorado de celui du Rio-Salado, la tosca constitue des collines basses, à sommet aplati, bordées par des falaises, et dont la composition est la même que celle des plaines environnantes. Cette disposition est attribuée non à des soulèvements particuliers plus énergiques, mais à ce que les sédiments argilo-calcaires ont été accumulés autour de monticules préexistants qui formaient des îlots sous-marins. Les falaises auraient été découpées ensuite lors du soulèvement en masse du pays.

Les bords de la Sauce, au sud-est de la Sierra-Ventana, montrent, sur une hauteur de 61 mètres, la tosca à la partie supérieure et le limon pampéen rouge vers le bas. A 20 milles au sud de Bahia-Blanca, une série de petites collines, distinctes et séparées les unes des autres, aplaties au sommet comme les précédentes, à pentes escarpées, et de 30 à 60 mètres d'élévation au-dessus de la plaine, se dirige de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E. La partie supérieure de ces monticules est une tosca compacte, très calcaire,

d'une teinte pâle et reposant sur le limon rougeâtre. Cette chaîne étant la seule que forme le dépôt des Pampas, et se trouvant dans la direction des bandes métamorphiques du pays, il est probable que les sédiments qui la composent ont été déposés sur une élévation antérieure de roches solides, au lieu de s'être accumulés tout autour, comme dans le cas précédent. Plus au sud, la plaine formée par la tosca s'abaisse vers les bords du Colorado, et bientôt commence le grand dépôt de gravier et de cailloux dont nous parlerons ci-après. Au-delà du Colorado se montrent les roches tertiaires ou grès du Rio-Negro.

Au mont Hermoso, la côte de Bahia-Blanca présente, sur une hauteur de 30 mètres, quatre couches presque horizontales, qui sont, de haut en bas : 1° grès de 6 mètres d'épaisseur, avec des cailloux de quartz, divisé en lits obliques et désagrégé à la surface ; 2° banc de grès dur, foncé, peu épais ; 3° argile des Pampas, d'une teinte pâle ; 4° roche semblable, plus foncée, avec des lits de tosca concrétionnée, mouchetée et peu compacte. L'existence de la tosca et du limon rougeâtre a été constatée par des sondages jusqu'à plusieurs milles de la côte et jusqu'à une profondeur de 18 à 30 mètres. On a trouvé dans les deux couches inférieures trois coquilles polythalames et six *Phytolitharia*. Une seule de ces espèces est marine, et cinq ont des formes organiques propres aux eaux saumâtres. On y a rencontré de plus des ossements de *Ctenomys antiquus*, des rongeurs, et un grand mégathéroïde.

(P. 82.) Quant à la différence du niveau de ces couches près de la côte et même sous la mer avec celui qu'elles atteignent autour de la Sierra-Ventana et des autres petites chaînes voisines, M. Darwin ne l'attribue pas à des soulèvements inégaux sur ces divers points; mais il pense que, pendant la formation du limon des Pampas, tout l'espace compris entre ces chaînes et la côte actuelle a commencé à s'élever doucement, et qu'un courant a entraîné dans la mer voisine, où le limon continuait à être apporté du nord, les ossements des rongeurs et des autres quadrupèdes qui vivaient sur ces terres émergées. A mesure que le sol s'élevait, la source de ce sédiment s'épuisait, et des sables avec cailloux charriés par des cours d'eau énergiques se déposaient régulièrement sur le limon des Pampas.

La coupe de *Punta-Alta* dans la baie de Bahia-Blanca présente de bas en haut ou dans un ordre inverse de la précédente : 1° gravier stratifié, cimenté par une substance calcaréo-sablonneuse et renfermant beaucoup d'ossements de grands mammifères et de coquilles; on y remarque aussi des fragments de grès de la Sierra-Ventana et

des fragments arrondis de tosca ; 2° limon argileux rouge, veiné, avec quelques cailloux et des os d'un quadrupède dasipoïde; cette couche ressemble au limon des Pampas, mais encore plus aux argiles qui séparent les rangées parallèles de dunes sur la côte nord de Bahia-Blanca ; 3° gravier stratifié pareil au précédent et se mélangeant insensiblement avec le limon argileux rouge. Vers le haut le gravier domine, les coquilles sont abondantes et l'on trouve des débris de *Megatherium*. Le tout est recouvert transgressivement par une terre sablonneuse avec des cailloux de quartz, de pumite, de phonolite et des coquilles terrestres et marines.

Toutes les espèces de coquilles des lits de cailloux, au nombre de 23, vivent encore sur la côte, et beaucoup d'entre elles dans la baie même qui y est contiguë ; de plus elles y sont dans la même proportion relative, et 4 ou 5 sont semblables à celles des buttes de la plaine de Buenos-Ayres. Les restes de mammifères appartiennent au *Megatherium Cuvierii*, au *Megalonyx Jeffersonii*, au *Mylodon Darwinii*, à un grand édenté, au *Scelidotherium leptocephalum*, au *Toxodon platensis*, à l'*Equus curvidens*, au *Macrochenia patagonica*, et à un grand quadrupède dasipoïde. La prédominence des édentés est ici remarquable, et l'absence de rongeurs contraste avec ce que l'on observe au mont Hermoso. Parmi ces ossements, les uns ont été roulés et brisés, tandis que les autres, parfaitement conservés, prouvent que les animaux ont été transportés entiers à la place même où gisent leurs débris.

Quoique l'on puisse s'étonner de trouver 7 genres éteints de mammifères associés à des coquilles encore existantes, M. Darwin appuie leur contemporanéité par les nombreux exemples de circonstances analogues que nous avons cités tant en Europe que dans l'Amérique du Nord. En outre, dans ces couches des Pampas les coquilles sont généralement plus altérées que les os, et il n'est guère probable que ceux-ci, n'ayant point été endurcis par une infiltration pierreuse, eussent conservé leurs saillies intactes et leurs surfaces unies, s'ils avaient été arrachés d'un dépôt pour être entraînés, puis enveloppés dans un autre, comme nous verrons que l'a supposé M. Alc. d'Orbigny (1).

Ainsi, d'après le savant voyageur anglais, tous ces ossements, dont plusieurs sont parfaitement conservés, ont été enfouis, pour la première fois, à l'état frais, dans les sédiments où ils se trouvent aujourd'hui, et ces grands quadrupèdes, bien qu'appar-

(1) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, vol. III, p. 49.

tenant à des genres et à des familles éteintes, vivaient en même temps que les 20 espèces de coquilles, les Balanes, et 2 espèces de polypiers qui existent encore sur les côtes voisines. En outre, le dépôt sub-littoral caillouteux de *Punta-Alta* est plus récent que le limon des Pampas du mont Hermoso, et les couches de cette dernière localité sont probablement moins anciennes que la haute plaine de tosca qui entoure la Sierra-Ventana.

De Buénos-Ayres à Santa-Fé-Bajada et dans l'Entre-Rios, le limon pampéen occupe la surface du sol, et partout on y rencontre des débris de grands mammifères. Dans la falaise qui borde le Parana à San-Nicolas, le limon renferme un peu de tosca, et sa stratification est bien prononcée. Au nord de ce point, les marnes concrétionnées sont plus fréquentes, passent même à l'état compacte ou sub-cristallin et deviennent identiques avec la tosca de Bahia-Blanca, éloignée de 400 milles vers le S.

A Rosario commencent à se montrer les traces d'un dépôt plus ancien qui, dans l'*Estancia* de Gardona, à 25 milles plus haut, est une argile jaunâtre, pâle, avec de nombreux cylindres de grès ferrugineux concrétionnés. Dans l'argile rouge qui la recouvre, deux squelettes gigantesques de *Mastodon andium* ont été découverts, et une dent de *Toxodon platensis* y a été recueillie sur les bords de la Caracana. La formation des Pampas renferme ainsi des débris de grands mammifères jusqu'à sa base, et comme dans cette partie inférieure on a trouvé 7 infusoires polygastriques et 13 *Phytolitharia*, tous connus, excepté deux, et dont le plus grand nombre sont d'eau douce, on doit admettre que dans la région dont nous venons de parler, ces dépôts, comme celui de Bahia-Blanca, se sont formés dans une eau saumâtre. Quant à la tosca, les traces de coraux, d'éponges et de polythalames qu'elle renferme pourraient lui faire attribuer une origine plus particulièrement marine.

(P. 90.) La surface faiblement ondulée de la Banda-Orientale a pour base des roches primaires recouvertes en grande partie d'un limon noir stratifié, peu épais, souvent plus sablonneux que celui des Pampas et contenant de petits fragments de quartz. Les concrétions sont beaucoup plus petites, et il n'y a point de masses étendues de tosca. Vers Maldonado, Monte-Video et plus à l'ouest, le limon repose sur un sable stratifié, puis sur les roches primaires. Il y a aussi, dans cette région, de véritables couches tertiaires avec des coquilles éteintes et dont les caractères minéralogiques, semblables à ceux de la formation des Pampas, font voir

que l'origine de cette dernière est due à des causes qui s'étaient déjà produites bien auparavant.

Dans ses remarques sommaires et ses conclusions sur la formation qui nous occupe (p. 97), M. Darwin fait observer que l'un de ses caractères les plus dignes d'attention est sa vaste étendue. Ainsi il a pu l'étudier du Colorado à Santa-Fé-Bajada, sur une longueur de 500 milles géographiques, et M. Alc. d'Orbigny l'a signalée à 250 milles plus au nord. A la latitude de la Plata le savant naturaliste anglais l'a examinée sur un espace de 300 milles, de Maldonado à la rivière de Caracana, et de son côté, M. d'Orbigny pense qu'elle se prolonge encore à 100 milles plus à l'ouest. Cette surface serait donc au moins égale à celle de la France, et peut-être beaucoup plus considérable. Au sud de Mendoza, un bassin, entouré de falaises de gravier et à 1000 mètres d'altitude, offre un dépôt du même genre; un autre se trouve dans la Patagonie, à Saint-Julien, localité située à 560 milles au sud du Rio-Colorado, et où l'on trouve des ossements de mammifères.

Dans les provinces de Moxos et de Chiquitos, à 1000 milles au nord des Pampas, de même que sur le plateau de la Bolivia, à 4000 mètres au-dessus du niveau de la mer, M. Alc. d'Orbigny a décrit des dépôts analogues, qu'il regarde aussi comme contemporains et résultant du même agent. Mais M. Darwin, prenant en considération l'immense espace qui sépare ces points et leurs différents niveaux, regarde comme plus probable que cette ressemblance des caractères minéralogiques est due non à la contemporanéité des sédiments, mais à l'analogie de composition des roches du continent d'où ils proviennent. Ainsi, au Brésil, une grande surface est occupée par le gneiss, et, sur une longueur considérable des Cordillères, les roches ignées anciennes, les porphyres rouges qui les recouvrent et les injections trachytiques ont pu fournir de part et d'autre les éléments de la formation pampéenne.

Passant aux hypothèses qui ont été proposées pour expliquer son origine, l'auteur en signale trois : la première, celle d'une grande débâcle, paraît être principalement fondée sur l'absence de stratification et sur la quantité des quadrupèdes terrestres enfouis. Mais on a vu que dans diverses localités il y avait des zones horizontales parfaitement tranchées, et que dans d'autres les parties supérieures et inférieures différaient par leur teinte et leur composition. Dans le sud des Pampas l'assise supérieure, stratifiée sur une certaine étendue, consiste en une tosca dure, et l'inférieure en une argile

souvent divisée par couches de teintes variées, renfermant plus ou moins de calcaire. Dans la Banda-Orientale, des couches semblables, mais plus anciennes, sont subordonnées aux roches tertiaires proprement dites. Les concrétions marneuses formant en général des lignes horizontales, quelquefois réunies en bancs, il est certain que, si le limon avait été déposé tumultueusement et tout d'un coup, la matière calcaire aurait aussi été irrégulièrement accumulée par voie de *ségrégation*, et non disposée par bandes horizontales les unes au-dessus des autres.

Dans l'hypothèse de la débâcle, on suppose qu'une prodigieuse quantité de limon sans un seul caillou a recouvert les Pampas alors sous l'eau, et que sur toute la Patagonie le même cataclysme ou un autre semblable n'aurait déposé que du gravier. Le gravier et le limon des environs du Rio-Negro et du Colorado seraient ainsi provenus d'une égale distance des Cordillères ou de la ligne de dislocation supposée. Or, des effets aussi directement contraires ne peuvent être attribués à la même cause. Comment une masse d'argile fine, chargée de matière calcaire, dans un état susceptible d'éprouver une ségrégation chimique, et en assez grande quantité pour couvrir une surface d'au moins 750 milles de long sur 400 de large, et sur une épaisseur de 6 à 30 mètres, aurait-elle pu être accumulée toute prête à être transportée lors de la débâcle que l'on invoque. Il semble, au contraire, qu'un grand laps de temps et une action continue ont été nécessaires pour la production et le dépôt de l'énorme quantité de matière limoneuse qui constitue les Pampas.

Une autre manière de voir, qu'a suggérée M. W. Parish, est que le limon aurait été formé sur des plaines basses et marécageuses par les rivières du pays avant qu'elles n'eussent pris leur cours actuel; mais tous les caractères du dépôt et la position des fossiles ne permettent pas d'adopter cette opinion. Enfin, la troisième hypothèse, celle que défend M. Darwin, consiste à admettre que l'argile sableuse des Pampas a été accumulée lentement à l'embouchure d'un ancien estuaire de la Plata et dans la mer qui y était contiguë (p. 99). D'après les nombreuses coquilles d'*Azara labiata* répandues à la surface des plaines et enveloppées dans la tosca près de Buenos-Ayres, on reconnaît que non seulement ce dépôt a été recouvert par les eaux saumâtres de l'ancienne rivière, mais encore que sa partie supérieure y a été formée. Au sud et à l'est de cette ville, les plaines furent soulevées de dessous les eaux que peu-

plaient les vrais mollusques marins, et les animaux microscopiques viennent appuyer cette supposition d'un ancien estuaire, de même que la grande quantité de mammifères enfouis et l'absence de coquilles, si ce n'est dans quelques lits aux environs de Buenos-Ayres. L'examen qu'a fait M. Ehrenberg (1) des animaux microscopiques a permis d'établir aussi que le gisement des Mastodontes sur les rives de la Plata, celui des ossements du mont Hermoso et celui des Tatous ou animaux ongulés des dunes de Bahia-Blanca, sont des dépôts d'eau douce mélangée d'eau saumâtre, qui doivent appartenir aux irruptions les plus éloignées que la mer ait faites dans l'intérieur des terres.

Après avoir cité divers exemples d'animaux entraînés aujourd'hui dans la mer par les rivières, l'auteur fait remarquer, relativement à l'origine du limon, que les granites et les gneiss du Brésil sont altérés jusqu'à une grande profondeur et changés en une masse argileuse grise ou rouge et graveleuse, et que le mélange de grains arrondis et de petits cailloux de quartz de l'argile pampéenne de la Banda-Orientale provient des roches primaires environnantes ou sous-jacentes. Le limon de l'ancien estuaire était porté, sans doute, beaucoup plus au sud que ne le sont à présent les sédiments de la Plata.

La constance des caractères minéralogiques de la formation des Pampas, et les débris de mammifères qu'on y rencontre dans la Banda-Orientale, l'Entre-Rios et jusqu'au sud du Colorado, doivent faire penser que le tout s'est déposé pendant une même période. Les restes de mammifères se trouvent d'ailleurs à toutes les profondeurs, et nulle part on n'aperçoit de traces d'une grande dénudation superficielle. Dans les limites des vrais Pampas, il n'y a, à la vérité, que l'*Azara labiata* qui soit encore vivant et qui se trouve dans la tosca des environs de Buenos-Ayres; mais on a vu qu'à *Punta-Alta* des mammifères éteints, faisant essentiellement partie de la faune de cette époque, étaient ensevelis avec 20 espèces de coquilles, 1 Balane et 2 polypiers, qui tous vivent à présent sur la côte. Il y a donc lieu d'admettre que ces derniers fossiles et les couches qui les renferment sont quaternaires, quoique plus anciens que les buttes formées par l'*Azara labiata.*

Le soulèvement des Pampas, au moins dans leur partie méridionale,

---

(1) *Acad. de Berlin*, avril 1845. — *L'Institut*, 27 août, p. 308. 1845.

a été lent et interrompu par des moments de repos, comme semblent le prouver les plaines, les falaises et les lignes de dunes avec coquilles et cailloux de pumite que l'on rencontre à diverses hauteurs. Le limon paraît aussi avoir continué à se déposer après que certaines portions étaient déjà soulevées. Quoique l'on ait découvert presque exclusivement les débris de grands animaux sur les bords des cours d'eau, M. Darwin est convaincu qu'il en existe ailleurs, et qu'il suffirait de faire une tranchée un peu profonde, suivant une ligne quelconque, à travers les plaines, pour en trouver quelque trace.

Les faits précédents, comme ceux que nous avons énoncés plus haut, confirmeraient donc cette remarque de M. Lyell, que la persistance ou la durée des espèces parmi les mammifères a été moindre que chez les animaux inférieurs, et en particulier que dans la classe des mollusques. Quant à la faune terrestre de cette partie de l'Amérique du Sud à l'époque quaternaire, elle justifie ce que M. Lund avait déjà conclu de l'examen des cavernes du Brésil, et les animaux gigantesques, qui fourmillaient sur les bords de cet immense estuaire occupé aujourd'hui par les Pampas, sont représentés dans la faune actuelle par des animaux propres à ce même pays, et qui, bien que d'une taille beaucoup moindre, offrent cependant encore les caractères anatomiques généraux des grands types éteints. M. R. Owen (1) a fait remarquer également que la relation qui existait, en Europe, entre les types de beaucoup d'animaux perdus et ceux qui y vivent à présent, se manifeste dans le nouveau monde par les rapports de la dentition du *Megatherium* avec celle d'un Paresseux encore vivant. L'*Armadillo* de l'Amérique méridionale représente le colossal *Glyptodon*. L'Amérique du Nord a ses espèces particulières de Mastodontes; mais cette vaste étendue de pays se trouvant jointe à la partie méridionale du continent d'une part, et de l'autre à l'Asie par les mers Glaciales, il est probable que le Mammouth

(1) *Sur la distribution géographique des mammifères dont les races sont éteintes.* (*The Athenæum*, n° 955. — *L'Institut*, 28 oct. 1846.) — Voyez aussi : R. Owen, *The zoology of the voyage of the Beagle. Fossil mammalia*, in-4, 37 pl. Londres, 1838-1840. — *Description d'un crâne de* Toxodon platensis. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 541.) — *Notice of some fossil mammalia of South America.* (*Rep.* 16th *Meet. brit. Assoc. at Southampton*, 1846 (Londres, 1847), p. 50 des *Notices*.) — De Blainville, *Recherches sur l'ancienneté des édentés. Compt. rend.*, vol. III, p. 65 et 139. 1839.

de l'ancien monde a pu passer dans le nouveau par la communication du nord, et le *Megatherium* par celle du sud, ce qui expliquerait la présence des débris de ces animaux dans les régions tempérées moyennes de ce continent.

Travaux de M. Alcide d'Orbigny.

M. Alcide d'Orbigny (1) a plus particulièrement étudié la formation des Pampas sur les rives de la Plata et en remontant l'Uruguay et le Paraguay. Nous esquisserons donc le résultat de ses voyages, d'abord dans cette région, puis dans les pays situés au nord-ouest et en nous dirigeant vers le haut plateau de la Bolivia.

Le célèbre voyageur signale aux environs de Monte-Video (p. 20), et à 4 ou 5 mètres au-dessus de la mer, des bancs de coquilles marines dont les espèces qui vivent actuellement sur les côtes, à plus d'un degré à l'est, vers l'embouchure du fleuve, diffèrent de celles qui habitent la baie même. Le dépôt des Pampas (argile pampéenne), avec ses concrétions calcaires, se montre de Monte-Video à Canelones et dans toute la vallée de la Santa-Lucia. Dans les provinces de Corrientes et d'Entre-Rios, l'auteur divise le terrain tertiaire en trois systèmes. Le plus inférieur est le *terrain tertiaire guaranien*, le second le *terrain tertiaire patagonien*, et le troisième, ou le plus récent, le *terrain tertiaire pampéen* ou *argile pampéenne*, dans laquelle il n'admet point de coquilles marines, mais seulement des débris de mammifères. On a déjà vu quels étaient nos motifs pour rapporter la formation des Pampas à l'époque quaternaire, et nous y reviendrons plus loin.

M. Darwin a reconnu que M. d'Orbigny avait eu toute raison de distinguer nettement le limon des Pampas des couches marines argileuses sur lesquelles il repose, et de n'y point voir de passage, comme lui-même l'avait cru d'abord (2) ; mais, d'un autre côté, il a rapporté à l'époque de la formation des Pampas les buttes allongées (*conchillas*) et disposées généralement dans la direction de la Plata, qui sont composées de sable très fin rempli de coquilles (*Azara labiata*), tandis que M. d'Orbigny regarde ces mêmes buttes comme plus récentes et devant être séparées du limon des Pampas sur lequel elles reposent. Ce dernier savant n'admet pas non plus la contemporanéité des coquilles d'espèces vivantes avec les mammifères éteints que nous avons mentionnés à Bahia-Blanca. Mais

(1) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, vol. III, p. 20. 1842.
(2) *Journal and Remarks*, etc.

les détails dans lesquels nous sommes entré précédemment, tant pour l'Amérique du Nord que pour l'Europe, prouvent que ce mélange est précisément un caractère des dépôts de cet âge, et l'on conçoit très bien que les phénomènes qui ont pu détruire les grands animaux n'aient pas eu la même influence sur les mollusques contemporains. Ces derniers vivent aujourd'hui à une distance plus ou moins grande des lieux où on les trouve à l'état fossile, suivant que le soulèvement a été plus ou moins prononcé, et, s'il a été lent et graduel, ils ont dû émigrer successivement aussi pour se maintenir dans les mêmes conditions. Un soulèvement rapide et d'une étendue considérable aurait pu seul anéantir en même temps toute une faune marine. Ainsi, les circonstances qui ont amené l'émersion des couches et la destruction comme l'enfouissement des animaux terrestres n'exclut pas nécessairement la persistance de certaines espèces d'animaux marins sur les côtes voisines, prolongement des anciennes, et l'on en peut déduire que la faune marine actuelle est antérieure à la dernière émersion de certaines parties des continents, non seulement sur ce point, mais encore sur une infinité d'autres.

La formation des Pampas, continue M. d'Orbigny, repose sur les sables tertiaires patagoniens et recouvre en général sur son pourtour au sud, à l'ouest et au nord, les grès de ce système. La surface qu'elle occupe serait d'environ 23750 lieues carrées (p. 53). Au fond de la baie de San-Blas, on trouve, à 1 lieue de la mer et à 10 mètres au-dessus de son niveau, un banc de sable avec des coquilles marines identiques avec celles qui vivent actuellement dans la baie, et dont la position résulterait d'un soulèvement très récent peut-être de l'âge des amas coquilliers de Monte-Video et de San-Pedro. Pour ce naturaliste, la formation des Pampas ne se compose que d'une seule couche sans stratification bien prononcée, et dans laquelle on ne trouve que des restes de mammifères appartenant tous à des espèces éteintes. Au-dessus il y a seulement des sables d'alluvion et de petits bancs de coquilles identiques avec celles qui vivent actuellement soit dans la mer, soit près de l'embouchure de la Plata. Ainsi l'opinion de M. Alc. d'Orbigny, relativement au limon des Pampas, qu'il regarde comme constituant une masse sans stratification distincte, d'une composition uniforme et constante dans toute son épaisseur et ne renfermant que des débris de mammifères éteints, diffère donc essentiellement de celle que M. Darwin a émise avant et après la publication du *Voyage dans*

l'Amérique méridionale, et les conclusions théoriques auxquelles ces deux savants voyageurs ont été amenés par l'examen des mêmes faits ne diffèrent pas moins.

M. d'Orbigny fait remonter l'origine du dépôt limoneux dont nous nous occupons au soulèvement des Cordillères, événement qui aurait aussi amené la destruction de la faune terrestre des parties émergées, et à la même époque les cavernes du Brésil auraient été remplies par les ossements. Les mammifères, dont les débris sont ensevelis dans le limon, n'auraient point vécu sur les lieux ni dans le voisinage des lieux où on les trouve, mais auraient été transportés des régions plus tropicales pour être déposés sur la plage. Le limon ne serait pas non plus un sédiment formé dans un ancien estuaire de la Plata, dont la largeur, suivant M. d'Orbigny, n'a jamais pu atteindre celle de la surface que ce dépôt occupe. Mais son uniformité, invoquée aussi contre l'hypothèse de M. Darwin, ne semble pas justifiée par les détails minéralogiques que nous avons rapportés et qui y ont fait connaître des différences assez en rapport avec celles que pourraient occasionner plusieurs grands cours d'eau débouchant dans un vaste estuaire.

Quant au transport des cadavres de grands mammifères par les rivières, transport que beaucoup de personnes ont admis : « J'ai » vu, dit M. d'Orbigny (p. 86, *nota*), d'immenses cours d'eau » tels que le Parana, le Paraguay, l'Uruguay, la Plata et tous » les affluents boliviens de l'Amazone, et je puis assurer que pen» dant huit années je n'ai jamais rencontré un seul animal flottant » au sein des vastes solitudes du nouveau monde. Il est certain » que jamais les animaux sauvages ne se jettent dans les fleuves, et » que les inondations ne les entraînent que très rarement. »

Si, nous éloignant un moment de la Patagonie et de la Terre-de-Feu, nous quittons la région des Pampas proprement dite pour remonter vers le nord jusque sur le plateau de Bolivia où se trouvent des dépôts analogues à ceux que nous venons d'étudier dans les plaines de la Plata, nous verrons d'abord la ville de La Paz, bâtie à 3717 mètres d'altitude sur une alluvion ancienne aurifère, très puissante, composée d'argile, de sable et de cailloux, et qui se prolonge fort loin le long du Rio de La Paz. L'or exploité par des lavages paraît provenir de la destruction des phyllades de la base de l'Illimani. Entre La Paz et Oruro, la plaine de Coracollo est couverte du limon rouge de la plaine orientale, qui occupe tout le plateau de la Bolivia. Ses caractères sont très uniformes le long du

cours du Desaguadero, depuis le lac de Titicaca jusqu'à la lagune de Pansa (p. 134). Des ossements de Mastodonte et d'autres grands mammifères paraissent y être assez fréquents, de même que dans les brèches osseuses des bords du lac près Puno, où ils ont été recueillis par M. de Sartige. M. Pentland (1) a rapporté aussi des os de Mastodonte, de Taquire, l'une des îles du lac de Titicaca, à 3950 mètres au-dessus de la mer.

(P. 150.) Sur le versant oriental de la Cordillère, à l'est de La Paz, des alluvions aurifères très riches, et provenant de la destruction des phyllades, sont exploitées depuis longtemps. Des argiles jaunes, que l'on suit depuis Palametas au confluent du Piray avec le Rio-Grande, et dans lesquelles M. d'Orbigny a rencontré des ossements de mammifères, dépendraient encore de la formation des Pampas. Celle-ci occupe toute la province de Moxos où elle repose directement sur le terrain tertiaire guaranien, le système patagonien manquant dans cette région. On l'observe également dans les pays des Chiquitos, de Santa-Cruz, au fond de la vallée de Tarija et sur le plateau de Cocha-Bamba, à 2575 mètres d'altitude. Ainsi, quoique partout horizontal, ce dépôt ne paraît avoir aucun niveau propre.

M. J. Bake (2) a donné quelques détails sur le plateau ou Pampas de Tamarugal, dans la province de Tarapaca. La plaine, bordée à l'ouest par une chaîne de porphyre feldspathique reposant sur le granite, est élevée de 900 à 1000 mètres au-dessus de la mer et occupée par des argiles, des sables, du gypse et du sel gemme mêlé de nitrate et de sulfate de soude. Sous une partie du plateau ce voyageur signale une ancienne forêt de gros arbres tous plus ou moins inclinés au S.-O. et dont une partie paraît avoir été charriée. Cette forêt fossile n'aurait pas moins de 60 milles de long dans la direction du S.-E.

Nous ne pouvons adopter la dénomination de *terrain diluvien* ou *quaternaire*, appliquée par M. d'Orbigny (p. 153) à des dépôts qu'il regarde comme de l'époque actuelle, telles que les alluvions modernes où il n'a pas rencontré de fossiles, et nous ferons remarquer qu'il y rapporte également les couches marines avec coquilles encore vivantes sur la côte, couches que M. Darwin place dans la formation pampéenne ; telles sont celles dont nous avons déjà parlé

(1) *Compt. rend.*, vol. VIII, p. 255. 1839.
(2) *Amer. Journ.*, vol. XLIV, p. 1. 1843.

qui se trouvent à l'est des Cordillères, le long du Parana, disséminées dans les Pampas où elles constituent des buttes (*conchillas*) exploitées pour la confection de la chaux et formées de la seule *Azara-labiata*, puis les bancs coquilliers de Monte-Video, de Morro, de la baie de San-Blas, etc.

Observations générales.

Pour justifier le classement de la formation des Pampas dans le terrain quaternaire, nous ajouterons aux motifs déjà énoncés par M. Darwin, que les dépôts qui la constituent, comme la distribution et les types de fossiles qu'on y a découverts ont dans leurs caractères généraux plus de rapport avec le terrain quaternaire des autres parties du globe qu'avec aucune des formations tertiaires sous-jacentes. Dans l'Amérique méridionale il semble n'y avoir eu qu'un moment où les grands mammifères éteints se soient trouvés aussi nombreux qu'ils l'ont été sur les autres continents à l'époque quaternaire, et nous voyons qu'ils y sont associés de même avec des coquilles encore vivantes dans le pays, ou sur les côtes voisines. Il y a donc lieu de présumer que toute cette faune marine et terrestre est réellement contemporaine de la faune quaternaire telle que nous l'avons comprise jusqu'à présent. Pour qu'il en fût autrement il faudrait admettre que dans l'Amérique du Sud la faune des mammifères était arrivée à son maximum de développement, lorsque partout ailleurs, si l'on en excepte peut-être le versant méridional de l'Hymalaya et quelques localités assez restreintes de l'Europe, les animaux de cette classe n'avaient point encore offert une extension comparable. D'un autre côté la faune de l'époque des Mammouths de l'Europe et de l'Asie, ou des Mastodontes et des *Megatherium*, etc., de l'Amérique septentrionale, faune qui est à la fois la plus riche et la plus gigantesque de l'hémisphère Nord, n'aurait pas eu de représentant dans l'hémisphère Sud, quoique nous trouvions plusieurs de ces grands mammifères, dont l'extinction résulte de causes qui n'ont pas affecté les mollusques contemporains, communs aux deux continents américains, et ensevelis dans les dépôts des Pampas et les cavernes du Brésil aussi bien que dans les sédiments quaternaires les plus récents des États-Unis.

En Europe les Mastodontes descendent jusque dans le terrain tertiaire moyen et caractérisent une faune plus ancienne que les éléphans, le bœuf, le cheval, etc. Mais dans l'Amérique du Nord non seulement le *Mastodon giganteus* était contemporain du Mammouth et d'autres mammifères éteints, mais encore de co-

quilles marines vivant sur la côte et de coquilles fluviatiles et terrestres d'espèces identiques avec celles du voisinage, de même aussi dans l'Amérique méridionale le *Mastodon andium* a vécu en même temps que les mollusques de la faune actuelle.

§ 4. Formation erratique de l'Amérique du Sud.

Le gravier erratique de la Patagonie est composé de terre et de sable avec de petits cailloux de quartz et de divers porphyres. Il recouvre la plaine basse sur la rive nord du Rio-Colorado, sa limite extrême de ce côté où vient finir le limon des Pampas. Sur les bords du Rio-Negro l'épaisseur de la couche détritique est de 3 à 4 mètres, et les cailloux plus volumineux sont enveloppésdans une pâte calcaire gris-blanchâtre, assez semblable à du mortier. M. Darwin (1), qui a suivi ce dépôt jusqu'à 45 milles dans les terres, pense qu'il s'étend beaucoup au-delà et qu'il pourrait représenter la partie supérieure de la formation pampéenne au nord du Colorado. La matière calcaire des deux assises aurait alors la même origine. Patagonie.

A Port-Désiré (2), à 60 et 90 mètres au-dessus des masses de porphyre, s'étend une vaste plaine horizontale recouverte de gravier et de cailloux roulés mélangés de terre blanchâtre. Des coquilles, éparses à la surface des vallées larges et peu profondes, prouvent que ces plaines ont été récemment émergées. A Port-Saint-Julien (p. 200), on remarque cinq plaines ou terrasses successives de hauteur différente. La plus basse forme une bande presqu'au niveau de la mer, et la plus élevée, dont il ne reste plus que des lambeaux isolés placés à la même hauteur, atteint 275 mètres au-dessus de l'Océan.

Le gravier recouvre la surface entière du pays sur un espace de 800 milles du Rio-Colorado au détroit de Magellan. Il paraît s'épaissir à mesure que l'on s'avance vers la base des Cordillères, d'où ses éléments proviennent en grande partie. La mer a étendu sur son fond les débris apportés par les torrents qui descendaient de la chaîne, et sur chaque terrasse la couche de cailloux et de gravier est d'autant moindre qu'on s'éloigne davantage des montagnes pour se rapprocher de la côte actuelle. Ainsi, sur les bords de la rivière de Santa-Cruz, à 100 milles de son embouchure, le gravier

(1) *Geological observations on South America*, p. 19.
(2) *Journal and Remarks*, etc., p. 193.

a 65 mètres d'épaisseur, tandis que sur le littoral il n'en a plus que 7 ou 9. Ces terrasses sont sensiblement horizontales sur de très grandes étendues, et l'auteur croit en avoir distingué sept depuis la côte jusqu'à une élévation de 365 mètres dans l'intérieur des terres. On peut en compter trois sur une hauteur de 106 mètres, la première étant à 30 mètres au-dessus de la mer, et la seconde à 75. Sur chacune d'elles on trouve des coquilles analogues à celles qui vivent sur les côtes, et ornées encore de toutes leurs couleurs. Cette disposition des terrasses résulterait, suivant M. Darwin, de soulèvements successifs et très lents du fond de la mer, interrompus par des temps d'arrêt que marquent les falaises des terrasses.

Depuis la Plata jusqu'à la rivière de Santa-Cruz (1), on ne rencontre point de blocs erratiques. En remontant ce dernier cours d'eau, on commence à en trouver à 100 milles géographiques de l'Atlantique et à 67 milles de la pente la plus voisine des Cordillères. A 55 milles de la chaîne, ils deviennent extrêmement nombreux et sont formés de schistes argileux compactes, de roches feldspathiques, de schistes chloriteux et quartzeux et de laves basaltiques. Ils sont généralement anguleux, et plusieurs ont jusqu'à 5 mètres de côté et même plus. La plaine sur laquelle ils sont épars est à 426 mètres au-dessus de l'Océan, et s'abaisse doucement à l'est vers la mer. A égale distance de la côte et de la Cordillère, les bords de la rivière montrent que les roches qui supportent cette plaine sont, à la partie supérieure, une assise de cailloux roulés de 65 mètres d'épaisseur se prolongeant jusqu'à la côte et qui a été déposée sous la mer, puis une assise de lave basaltique, de 98 mètres de hauteur qui repose sur une autre de 179 mètres, composée de petits cailloux semblables à ceux de l'assise supérieure, mais sans fragments de basalte. En s'approchant des montagnes, la rivière suit une vallée plate très large, récemment émergée, comme le prouvent les coquilles marines éparses à sa surface. La plaine de gravier s'étend probablement jusqu'au pied des Cordillères, où elle atteint de 975 à 1000 mètres d'élévation absolue (2). Le gravier, qui change complétement de caractère en remontant la vallée, provient des roches de cette partie de la chaîne, tandis que celui de l'em-

(1) *On the Distribution of the Erratic Boulders*, etc. (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 415. 1842. — *Proceed. id.*, vol. III, p. 425.

(2) *Geological observations on South America*, p. 22.

bouchure de la rivière Sainte-Croix (Santa-Cruz), ou mieux de la plaine inférieure de 106 mètres qui la borde, provient d'une région située plus au nord.

De l'embouchure de cette rivière à Coy-Inlet et Port-Gallegos, les falaises composées de couches blanches tufacées sont recouvertes de lits de graviers. Beaucoup d'ossements non déterminés y ont été recueillis, et, d'après les coquilles microscopiques qu'on y a trouvées et qui paraissent être d'eau douce ou d'eau saumâtre, l'ensemble des assises serait plus récent que le système tertiaire patagonien, et, suivant toute probabilité, appartiendrait à l'époque quaternaire.

Des deux côtés du détroit de Magellan, la surface du pays est occupée soit par le gravier, soit par les blocs. Le gravier a ses cailloux plus ou moins arrondis, et les blocs sont plus ou moins anguleux. Les uns et les autres appartiennent presque tous aux roches connues de la Terre-de-Feu ; cependant on a rencontré sur divers points, et sur une étendue de 840 milles du N. au S., et de 300 milles de l'E. à l'O., des cailloux d'une espèce de porphyre qui n'a point encore été trouvé en place, ni à la Terre-de-Feu, ni aux îles Falkland, ni sur le continent; aussi M. Darwin attribue-t-il leur transport à des glaces flottantes.

La formation erratique de la Patagonie a une largeur d'environ 300 milles de l'E. à l'O. Près de la côte son épaisseur n'est, comme on l'a vu, que de 7 à 9 mètres, et nous avons dit qu'à la demi-distance de la chaîne, ou à 100 milles de la mer, cette épaisseur était de 65 mètres. Sa puissance moyenne, sur une étendue de 630 milles du N. au S. et de 300 milles de l'E. à l'O., est d'environ 15 mètres.

La partie orientale de la Terre-de-Feu (1) présente de grands lambeaux de formation tertiaire patagonienne, bordés par des dépôts plus récents de 30 à 45 mètres d'épaisseur. Ces plaines basses, qui ont été émergées dans la période quaternaire, sont formées de grès fin, terreux ou argileux, en lits minces, quelquefois inclinés, souvent associés à des lits de gravier ondulés ou contournés. Dans l'île d'Élisabeth, des coupes de 45 mètres de hauteur montrent une terre blanchâtre renfermant des fragments de toutes grosseurs, anguleux ou arrondis, entassés pêle-mêle et provenant de roches feldspathiques et amphiboliques des environs. Au nord du cap Vir- **Terre-de-Feu.**

(1) Darwin, *On the Distribution of the Erratic Boulders*, etc. *Loc. cit.*, p. 415. — *Journal and Remarks*, p. 266. — King, *Esquisse de la Terre-de-Feu.* (*Journ. geogr Soc. of London.* 1830-1831.)

gins, à l'entrée du détroit, des falaises de 60 à 90 mètres sont composées de grès argileux, horizontaux, à grain très fin, avec quelques lits subordonnés de cailloux roulés. Les montagnes d'où proviennent les éléments de ces dépôts se trouvent à 60 et 120 milles géographiques vers l'O. ou le S.-O.

Après avoir parcouru les falaises du cap Negro, de Port-Famine et de la baie de Saint-Sébastien, M. Darwin a constaté sur ce dernier point que, longtemps avant le soulèvement en masse prouvé par le niveau élevé où se voient les coquilles d'espèces vivantes, il existait déjà un large canal communiquant du milieu du détroit de Magellan avec la haute mer. De nombreux blocs erratiques et des dépôts de limon non stratifiés se montrent aussi sur les bords du bras oriental, placés comme ils devaient l'être par rapport à la direction d'un ancien détroit. Tous les fragments de cette partie du pays proviennent de montagnes situées à l'ouest. Le détroit est, comme on sait, très profond, même dans le voisinage des côtes. Ainsi vers le milieu du canal, à l'est du cap Forward, le fond n'a pas été atteint avec une sonde de 468 mètres.

A l'extrémité sud-est de la Terre-de-Feu, les côtes sont occupées aussi par un dépôt non stratifié, analogue à celui des bords du détroit de Magellan. Celui de l'île de Navarin ressemble au *till* d'Écosse et aux accumulations de blocs et de détritus du nord de l'Europe et de la côte orientale d'Angleterre par le manque de stratification dans une partie de son épaisseur, par la réunion de fragments venus de très loin et dont le volume varie depuis celui de petits cailloux jusqu'à celui de très gros blocs, tantôt arrondis, tantôt anguleux, enfin par la présence de gravier superficiel et l'absence de tout débris marin.

Iles Falkland. Les îles Falkland ou Malouines, formées par le terrain de transition, sont couvertes d'une immense quantité de fragments de roches accumulées en forme de traînées, de courants ou de nappes, principalement vers le fond des vallées (1). Ces amas énormes, qui remontent jusque à la crête des montagnes, sont composés de quartzites. On n'y remarque aucune trace de frottement ni de sable dans les interstices, ce qui doit faire regarder leur dispersion comme plus récente que l'émersion des îles. Peut-être quelques parties de la description que nous avons sous les yeux pourraient-elles rappeler la forme des moraines et la disposition de certains

(1) Darwin, *Journal and Remarks*, etc., p. 253.

blocs erratiques des Alpes, mais l'auteur, préoccupé des formes et des accidents si pittoresques et si variés que lui offrait le pays, ne nous a pas beaucoup plus instruits sur l'origine de ces traînées de blocs que nous ne l'étions par les observations déjà anciennes de Pernety (1).

En remontant vers le nord, M. Darwin (2) a bien observé deux terrasses de graviers dans diverses parties de l'archipel des Chonos, mais il n'a plus rencontré le dépôt avec blocs, sur les points où il a abordé, que dans l'île de Chiloé, où les masses erratiques sont fort nombreuses. L'île est formée de micaschiste et de deux espèces de roches volcaniques, puis de grès tertiaires horizontaux passant par place à des conglomérats. Les blocs abondent sur toute la ligne des côtes est et nord, et dans les îlots qui bordent la partie orientale. Il n'y en a point sur la côte occidentale ni sur les parties élevées du centre de l'île. Ce sont des variétés de granite et de syénite qui semblent provenir des Cordillères et d'une distance de 40 milles. Quoique ces roches n'existent pas dans les parties septentrionale et orientale de l'île, peut-être pourrait-on les découvrir dans les montagnes de l'ouest qui n'ont pas encore été visitées, et qui s'élèvent à 1000 mètres au-dessus de la mer. Ile Chiloé.

L'auteur ne se prononce point sur l'âge précis des dépôts avec blocs de Chiloé, ni de la Terre-de-Feu, mais il est certain que toute la côte orientale a été soulevée de 6 à 12 mètres et probablement davantage pendant l'époque quaternaire. Ainsi, dans la péninsule de Lacuy un lit de coquilles d'espèces vivantes est signalé à 110 mètres au-dessus de la mer. La portion orientale de la Terre-de-Feu a été aussi soulevée en même temps ou peu avant, de même que le dépôt des bords de la rivière de Santa-Cruz.

Les blocs erratiques s'observent encore autour de Valdivia, de la Conception et sur plusieurs points du centre du Chili, mais il n'y a pas de dépôt argileux ou *till*.

Au nord du détroit de Magellan, sur les côtes de la Patagonie et de la province de la Plata, on ne rencontre ni blocs ni *till*, à la même latitude que sur les côtes de l'océan Pacifique, ce qui doit être attribué au grand éloignement de la Cordillère. Les blocs erratiques, ne se montrent, des deux côtés de la chaîne, qu'à Observations générales.

---

(1) *Voyage aux îles Malouines.*
(2) *On the Distribution of the Erratic Boulders*, etc. *Loc. cit.* p. 415.

partir du centre du Chili, et il en est de même dans le Chaco. Quant aux affluents de l'Amazone, sur une longueur de 400 ou 500 lieues, on ne voit pas, dit la Condamine, un seul caillou roulé. Ainsi il est remarquable que dans l'hémisphère Sud, depuis le 41e degré jusqu'au cap Horn, on retrouve le même phénomène et presque sur une aussi grande échelle que dans les parties septentrionales de l'ancien et du nouveau monde, et de plus avec des limites semblables; car dans les deux hémisphères les débris provenant des régions polaires ou d'autres groupes de montagnes arrivent à une faible distance des tropiques. D'après M. Royle, il en est de même dans l'Inde sur les pentes inférieures de l'Himalaya; et dans le sud de l'Afrique, M. And. Smith et les autres voyageurs n'ont point observé de détritus erratiques depuis le 35e degré jusqu'au tropique. Nous verrons bientôt que l'Australie n'échappe point non plus à cette loi générale de la distribution des blocs. Les exceptions que l'on a citées, comme le fait observer M. Darwin, sont dues à la méprise des voyageurs qui ont regardé comme des blocs erratiques des roches en place plus ou moins altérées et en masses isolées.

La formation erratique de la Terre-de-Feu, considérée relativement à l'hypothèse des anciens glaciers, a paru offrir au célèbre naturaliste anglais quelques traces de moraines annonçant une moindre extension des glaciers actuels, mais il ne pense pas que l'on puisse expliquer la distribution des blocs sans l'intermédiaire des glaces flottantes, et il ajoute que ni le *till* du détroit de Magellan avec ses grès schistoïdes irrégulièrement subordonnés et ses coquilles marines, ni les graviers stratifiés de Chiloé ne peuvent avoir été produits comme les moraines ordinaires. Les blocs tels que ceux de la pointe de la source de la rivière de Santa-Cruz n'ont pas été non plus charriés ni poussés des montagnes par le mouvement des glaciers. Ceux des bords de cette rivière reposent sur un sol formé par la mer, et ceux qui recouvrent la plaine élevée de 426 mètres sont à 67 milles de distance des Cordillères dont les plus hauts pics n'atteignent pas 1950 mètres. La chaîne est d'ailleurs beaucoup plus basse, en général, et la faible inclinaison de cette surface, les angles vifs des blocs et l'absence de digues ou de terrasses, prouvent que ces blocs, de même que ceux de la Terre-de-Feu et de Chiloé ont dû être transportés par des glaces flottantes.

On voit, d'après ce qui précède, que des travaux assez étendus

et assez détaillés ont déjà été exécutés dans cette partie de l'hémisphère Sud ; cependant un des phénomènes dont on s'est le plus occupé dans l'hémisphère Nord n'y a point encore été signalé. Nous voulons parler des stries, des sillons et des surfaces polies des roches en place, qui nous ont constamment servi à établir le commencement de l'époque quaternaire. Il est probable que le silence des naturalistes à cet égard tient soit à la difficulté de ce genre d'étude daus des courses rapides, soit à ce que, lors de leurs voyages, l'attention n'avait pas encore été suffisamment dirigée sur des faits qui auront ainsi échappé à leurs recherches. Mais diverses analogies doivent faire présumer qu'ils y seront un jour constatés par des observations dirigées dans ce but. Quoi qu'il en soit, les caractères généraux du phénomène erratique paraissent y être plutôt ceux du diluvium de l'Europe moyenne et de l'Asie que ceux qui ont été reconnus dans le nord de l'Europe et aux États-Unis.

§ 5. Dépôts coquilliers marins et plages soulevées de la côte occidentale.

Près de l'embouchure du Ropel, dit M. Darwin (1), on remarque des coquilles d'espèces vivantes à 1 mètre ou $1^{m},25$ au-dessus des plus hautes marées, et dans les environs elles s'élèvent jusqu'à 30 mètres. A Bucalèmes, village situé à 10 milles de la mer, il y a des lits considérables de ces mêmes coquilles, ainsi qu'au fond de la vallée de Maypo et à San-Antonio. Sur la côte méridionale du promontoire qui forme la baie de Valparaiso, des bandes continues de ces débris marins se montrent depuis 18 jusqu'à 70 mètres d'élévation, et elles recouvrent une brèche de fragments granitiques consolidés par place. Chili.

Après avoir décrit les lits de coquilles récentes entre Concan et Quintero, ceux de Plazilla, de Catapilco, de la vallée de Longotomo et de beaucoup d'autres localités où ils s'élèvent jusqu'à 60 mètres au-dessus de l'Océan, l'auteur s'attache à prouver l'origine

(1) *Observations of proofs*, etc. Observations de preuves de l'élévation récente de la côte du Chili, etc. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p.446. 1837. — *Journal and Remarks*, etc., p. 423. 1839.) — Pentland, *Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXXIV, p. 439. 1838. — Freyer, *On the appearance*, etc. Sur l'apparence du soulèvement du sol de la côte ouest de l'Amérique du Sud. (*Proceed. geol. Soc. of London;* vol. II, p. 179. 1835.)

marine des terrasses de Coquimbo, déjà signalées par le capitaine Basil Hall, terrasses dues à la présence de coquilles identiques avec celles qui vivent sur la côte et enveloppées dans une roche calcaire friable, à 75 mètres d'altitude. Cette roche passe vers le bas à une couche coquillière formée principalement de Balanes et recouvrant un grès dans lequel abondent des ossements de Requins gigantesques, des Huîtres d'espèces éteintes et de très grandes Pernes. Les bancs intermédiaires ont des coquilles communes aux couches supérieures dont toutes les espèces vivent encore, et aux inférieures, dont le plus grand nombre, au contraire, sont éteintes. Les terrasses parallèles se voient surtout dans les villages de Guasco et de Copiapo, à 350 milles au nord de Valparaiso, puis au sud vers la Conception.

M. Darwin croit qu'il y a un soulèvement graduel indépendant des tremblements de terre, depuis la côte orientale de la Plata jusqu'au détroit de Magellan, où l'on voit des terrasses semblables avec des coquilles d'espèces vivantes. On ne ressent point de secousses dans cette région, et l'on ne peut attribuer l'élévation de ces bancs de coquilles à celles qui se manifestent au Chili et dont l'effet est à peine sensible dans la plaine au pied des Cordillères. Les tremblements de terre, les éruptions volcaniques et les élévations soudaines de la côte de l'océan Pacifique pourraient donc être considérés, avec quelque vraisemblance, comme les irrégularités d'un phénomène plus étendu.

Bolivie. Autour de Cobija, M. Alc. d'Orbigny (1) signale un dépôt coquillier marin élevé de 12 à 15 mètres au-dessus de la mer, et dont toutes les espèces vivent sur la côte voisine. Plus haut est une couche argileuse, gris brun, avec des fragments anguleux des roches qui constituent les montagnes environnantes, et de petites veines de gypse fibreux. Ces conglomérats récents atteignent 20 mètres au-dessus de la mer et s'élèvent ensuite jusqu'au pied des montagnes porphyriques, dans le voisinage desquelles les fragments deviennent plus volumineux et où les blocs se trouvent à 200 mètres d'altitude. Jusqu'à une élévation de 100 mètres, des rochers de porphyre syénitique, qui reposent sur les couches de sédiment, présentent dans leurs cavités des coquilles qui ont vécu en cet endroit comme vivent aujourd'hui leurs analogues à 100

---

(1) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, vol. III, Géologie, p. 94. 1842.

mètres plus bas ; aussi l'auteur conclut-il de ce fait et d'autres du même genre un exhaussement de toute la côte dans l'époque actuelle, conclusion que ces mêmes considérations ne permettent pas encore d'admettre d'une manière absolue.

Les traces d'anciens torrents sur les flancs des montagnes où il ne pleut point aujourd'hui prouvent que des courants ont sillonné le sol lorsqu'il avait déjà son relief général, mais cette action a eu lieu dans la même période puisque les coquilles mélangées au sable et au gravier qui bordent les anciens lits sont les mêmes que celles qui vivent aux environs. Ces conglomérats de Cobija se continuent au bas de la côte lorsque les montagnes porphyriques s'en éloignent.

Entre Arica et la vallée de Tacna, sur une longueur de 14 lieues et une largeur de une lieue, la plage est bordée de dunes s'élevant à plus de 100 mètres, et remplies d'ossements de cétacés et de coquilles semblables à celles de la côte. Sous les sables mouvants viennent les bancs de conglomérat solidifiés par le sel marin qu'on y exploite. Cette substance ne se trouve point d'ailleurs dans les dépressions du sol où elle aurait été entraînée d'en haut par les pluies, comme l'avait supposé M. Darwin (1), mais elle existe sur les collines à 200 et 300 mètres d'élévation, formant un horizon constant du 17e au 23e degré lat. S., et associée aux cailloux roulés porphyriques, témoins de l'ancien rivage.

Les ravins dont on vient de parler sont postérieurs à l'émersion de ces collines, et partout où ils passent il n'y a plus de traces du sel qui a été dissous par les eaux qui les ont creusés. Ces ravins, dont la côte est sillonnée dans le sens de sa pente actuelle, descendent de la Cordillère même, et correspondent aux grandes vallées du versant occidental ; aussi M. d'Orbigny en déduit-il que le phénomène a pris son origine dans le centre de la chaîne et que s'il s'était manifesté directement et de la même manière sur les contre-forts inférieurs, les dépôts salifères récents auraient dû être privés de leur sel en tout ou en partie. Ces traces continues d'ancien rivage, qui se montrent ainsi sur une multitude de points du

---

(1) M. Darwin (a) est revenu sur cette assertion en produisant des documents qui établissent qu'il pleut assez sur les côtes du Pérou pour produire l'effet observé.

(a) *Geological observations on South America*, p. 48. 1846.

littoral de l'océan Pacifique, semblent provenir de causes générales dont les effets auraient embrassé une grande surface.

Pérou. Près d'Iquique (1), les montagnes porphyriques de la côte s'élèvent abruptement à 600 et 900 mètres au-dessus de la mer, et entre leurs sommets et la plaine intérieure située à l'est où se trouve le dépôt de nitrate de soude, il y a un haut district ondulé recouvert d'une croûte de sel commun, soit en nodules blancs, durs et opaques, soit mélangé de sable et formant alors un grès compacte. Malgré le peu d'eau qui tombe dans le pays, de petites cavités, en forme d'entonnoirs, prouvent qu'il a été dissous par place. Le sable agglutiné et irrégulièrement cimenté constitue des lits minces de différentes couleurs, alternant avec d'autres lits parallèles plus minces encore et composés exclusivement de sel.

Des tufs calcaires et gypseux, impurs, friables, d'un blanc sale, et en bancs peu épais, sont associés au sel. Dans la partie supérieure, les bancs de gypse sont plus exclusivement composés de concrétions irrégulières dont la grosseur varie depuis celle d'un œuf jusqu'à celle du poing. Elles sont dures, compactes et pesantes. Le gypse contient quelques fragments de pierres étrangères. Des stries rayonnantes ou bifurquées se voient à la surface, et à l'intérieur sont des veines ramifiées d'anhydrite pure, blanche, disposées comme les *septaria*, et qui paraissent être un produit de *ségrégation* et non d'infiltration.

(P. 71.) La plaine dans laquelle se trouve la célèbre couche de nitrate de soude est située à environ 30 milles de la mer, dont elle est séparée par le district salifère précédent. Elle se trouve à 1000 mètres d'altitude; sa surface est sensiblement horizontale, et sa largeur de quelques lieues. Elle s'étend jusqu'à 40 milles au nord des exploitations, et sa longueur totale est de 420 milles. Le sol se compose, jusqu'à la profondeur de 50 mètres, de bancs de sable, de gravier plus ou moins fin ou grossier, d'argile et quelquefois de gros blocs arrondis. Le banc de nitrate de soude suit pendant 40 ou 50 lieues le bord occidental de la plaine, mais on ne le trouve pas à l'intérieur. Son épaisseur est de $0^m,60$ à 1 mètre, et il est tellement dur, qu'on le brise généralement à la poudre. Il repose sur un sable où l'on dit avoir recueilli des débris de végétaux et des coquilles brisées. Ces dernières même auraient été trouvées jusque dans

(1) Ch. Darwin, *Geological observations on South America*, p. 69.

le banc de sel qui est recouvert par un lit de sable blanc avec nodules de sel commun et du gypse très tendre, semblable à celui de la croûte supérieure du dépôt salin précédent, qui vient border cette même plaine. Sur certains points, on trouve aussi du muriate de chaux.

La pureté du nitrate de soude est assez variable, et le sel constitue généralement de 20 à 25 pour 100 de la masse. L'analyse d'un échantillon de composition moyenne a donné à M. Hayes :

Nitrate de soude.	64,98
Sulfate de soude.	3,00
Chlorure de soude.	28,69
Sels sodiques..	0,63
Coquilles et marne.	2,60
Total.	99,90

D'après la faible inclinaison avec laquelle ce banc suit les contours de la plaine sur une si grande longueur, on doit croire, dit M. Darwin, qu'il a été déposé sous une nappe d'eau; et d'après ses caractères, les substances étrangères comme les corps organisés qu'on y trouve, d'après la croûte salifère superficielle placée à un niveau plus élevé et probablement d'une origine marine, enfin, d'après la ressemblance de cette plaine avec celles du Chili et d'Uspallata, il y a peu de doute que cette nappe d'eau ne fût, au moins dans l'origine, en rapport avec la mer. L'âge de ces dépôts salifères n'est d'ailleurs pas encore bien déterminé, et il se pourrait qu'ils fussent de l'époque tertiaire, et par conséquent plus anciens que nous ne le supposons ici.

La première exportation de nitrate de soude faite en Europe ne remonte qu'au mois de juillet 1830. Elle fut, dans cette année, de 17300 quintaux (1), et s'éleva, en 1834, a 149538 quintaux.

(P. 72.) On sait que les incrustations salines, minces, sont très fréquentes sur le plateau de Mexico, puis, dans l'Amérique méridionale, sur les grandes plaines qui s'étendent de l'embouchure de la Plata à Rioja et Catamarca, particulièrement autour de Bahia-Blanca. Des surfaces planes, élevées de quelques mètres au-dessus de la mer, sont, après les temps secs, couvertes d'une efflorescence saline qui disparaît avec les pluies et dont l'épaisseur est de 6 millimètres au plus. Ces sels renferment d'autant plus de muriate de Efflorescences salines.

(1) Le quintal espagnol vaut 46 kilogrammes.

soude et moins de sulfate de soude qu'ils sont plus rapprochés de la mer; aussi l'auteur soupçonne-t-il que, par une action dont il ne peut se rendre compte, le muriate se change, avec le temps, en sulfate. Les plaines alluviales des bords du Rio-Negro et du Rio-Colorado, à Port-Désiré, etc., en présentent aussi. Au nord du Chili, la vallée à fond plat de Copiapo est couverte de carbonate et de sulfate de soude, et dans toute l'Amérique du Sud, ces incrustations sont le plus fréquentes sur les surfaces boueuses, humides et basses, où le climat est ordinairement sec, et qui paraissent avoir été presque toutes élevées au-dessus de la mer dans la période actuelle (1).

Résumé des sections précédentes.

En résumant avec M. Darwin (2) ce que l'on sait de ces anciennes plages de l'Amérique méridionale, on voit que des coquilles ont été soulevées et forment, dans quelques parties, des bancs continus, depuis le 45° 35′ jusqu'au 12° de latitude S., le long des côtes de l'océan Pacifique, et sur une étendue de 2075 milles géographiques du N. au S. On peut assurer, en outre, qu'il en existe encore au-delà dans ces deux directions, comme sur quelques points de la province de Tampico, dans le golfe du Mexique.

Sur toute cette ligne de côte, on rencontre souvent, outre les débris organiques, beaucoup de marques d'érosion, des cavernes, d'anciennes plages, des dunes, des terrasses successives de gravier, toutes au-dessus du niveau actuel des mers. La rapidité des pentes sur ce versant de la chaîne fait que les coquilles ne se sont encore trouvées qu'à 2 ou 3 lieues du littoral actuel; mais il existe au-delà, jusqu'à 30 ou 40 milles dans l'intérieur des terres, des preuves évidentes du séjour des eaux marines.

D'après la seule considération des coquilles on peut juger que le soulèvement a été, à Chiloé, de 106 mètres; à la Conception, de 190, et peut-être de 304; à Valparaiso, de 395, et à Coquimbo, de 77. Plus au nord, on n'en a pas cité au-dessus de 90 mètres. A Lima, l'élévation n'a été que de 26 mètres. Outre que les coquilles de ces dépôts sont les mêmes que celles qui vivent sur la côte, elles s'y trouvent presque toujours aussi dans les mêmes proportions. M. Alc. d'Orbigny (3), qui, comme on l'a vu, rapporte

---

(1) Voyez *antè*, vol. I, p. 306.
(2) *Geological observations on South America*, p. 53.
(3) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, vol. III, 4e partie, Paléontologie, p. 165.

ces couches coquillières au commencement de l'époque actuelle, a montré, de plus, que, des deux côtés des Cordillères, cette faune présente les mêmes résultats que celle qui vit actuellement, c'est-à-dire que non seulement toutes les espèces ont leurs identiques dans les mers voisines, mais encore que l'ensemble des faunes propres aux deux grands Océans était, à cette époque, absolument dans les mêmes conditions qu'aujourd'hui.

Dans beaucoup d'endroits de la côte du Chili et du Pérou (1), il y a des traces de l'action de la mer à des niveaux successifs, prouvant que l'élévation a été interrompue par des moments de repos. Ces traces sont surtout bien apparentes à Chiloé, où, sur une hauteur d'environ 152 mètres, on aperçoit 3 escarpements; à Coquimbo, il y en a 5, sur une hauteur de 111 mètres; à Guasco, 6, dont 5 correspondent peut-être à ceux de Coquimbo. A Lima on compte trois terrasses sur 76 mètres d'élévation, et d'autres se montrent à des niveaux encore plus élevés.

L'étude comparative de ces faits, sur le littoral de l'océan Pacifique comme sur divers points du globe, indique que le soulèvement des terres est généralement une action intermittente; mais on ne peut pas conclure ici, comme pour la Patagonie, que le soulèvement a été uniforme, et que les époques de dénudation ont été synchroniques sur une grande étendue de côtes. Dans la Patagonie, les périodes de repos et celles de dénudation ont été fort longues, tandis que, sur la côte du grand Océan, les terrasses situées à diverses hauteurs et dans des vallées, ne permettent pas la même conclusion. Cependant M. Darwin, ayant été amené à penser qu'à l'est le soulèvement avait été lent et graduel, croit qu'il a pu en être de même à l'ouest, où seulement se seraient manifestées des accélérations locales et temporaires en rapport avec le voisinage des phénomènes volcaniques. Aujourd'hui les côtes de l'Océan Pacifique paraissent être, en général, dans un moment de repos comparatif, soit de soulèvement du sol, soit de dénudation de ce même sol.

Si l'on compare l'étendue du sol soulevé d'après la position des débris organiques des deux côtés du continent, on reconnaît que, sur l'Atlantique, les coquilles ont été rencontrées par places depuis l'est de la Terre-de-Feu jusqu'à 1180 milles au nord, et, sur l'Océan Pacifique, dans une étendue de 2075 milles. Des deux côtés, elles se montrent à la même latitude, sur une longueur de 775 milles. Le

(1) Ch. Darwin, *loc. cit.*, p. 55.

sol de la partie centrale de la Patagonie paraît avoir été soulevé en masse (p. 15-18), mais peut-être n'en a-t-il pas été de même dans la région de la Plata.

Enfin nous rappellerons, en terminant ce chapitre, consacré au terrain diluvien ou quaternaire de l'Amérique méridionale, que nous y avons traité des résultats de quatre phénomènes principaux dont la contemporanéité, d'une part, et la succession, de l'autre, laissent encore beaucoup d'incertitude. Ces phénomènes se sont produits sur des espaces géographiquement distincts, et leurs relations restent à déterminer. Ce sont : 1° les *cavernes à ossements du Brésil ;* 2° le *limon des Pampas ;* 3° la *formation erratique de la Patagonie, de la Terre-de-Feu et des îles voisines ;* 4° les *plages soulevées de la côte occidentale.* Tout porte à croire que le remplissage des cavernes à ossements est contemporain du limon des Pampas, dans lequel on retrouve beaucoup de fossiles communs ; mais les graviers et les blocs erratiques du sud sont-ils plus récents, comme M. Darwin semble incliner à le penser ? Cela paraît peu probable, car s'il en était ainsi, les phénomènes se seraient passés dans un ordre inverse de celui que nous avons reconnu dans l'Amérique du Nord, où les grands mammifères ont vécu après le polissage des roches et le dépôt erratique ancien, qui a lui-même précédé les argiles coquillières du lac Champlain, du Saint-Laurent, etc., tandis que les grands mammifères éteints sont, dans les dépôts les plus récents de l'époque quaternaire, associés à des coquilles d'espèces vivantes, circonstance qui se présente également dans les cavernes du Brésil et le limon des Pampas. Un dernier doute se rattache aux plages soulevées des côtes de l'Océan Pacifique. Appartiennent-elles toutes à la période qui nous occupe, ou bien certaines d'entre elles seraient-elles plus récentes ou de l'époque moderne, tandis que d'autres, plus anciennes, remonteraient jusqu'au terrain tertiaire ? C'est ce qu'il ne nous paraît pas possible de déterminer encore.

CHAPITRE XI.

TERRAIN QUATERNAIRE DE L'AUSTRALIE.

Cette partie du globe, par son grand éloignement des autres continents, offre un intérêt tout particulier, et s'il reste encore beaucoup à faire pour connaître son intérieur, même géographiquement, les recherches entreprises sur presque toute l'étendue de sa région orientale ont apporté dans la science des observations précieuses.

M. T. L. Mitchell (1) et d'autres voyageurs que nous aurons occasion de citer ont jeté quelque lumière sur la constitution géologique de cette portion du continent australien; mais on ne trouve dans leurs relations que bien peu de faits qui se rattachent au sujet dont nous nous occupons en ce moment. M. P. E. de Strzelecki, dans sa description physique de la Nouvelle-Galles du Sud (2), a comblé une partie de cette lacune importante. Il a réuni dans sa *quatrième époque :* 1° les matières meubles, 2° les plages soulevées, 3° les brèches osseuses, 4° les débris accumulés dans les vallées.

Les matériaux meubles sont des sables, des graviers et des fragments de roche renfermant de nombreuses espèces minérales, le tout épars à la surface de la Nouvelle-Galles du Sud comme sur celle de la Terre de Van-Diemen, et paraissant indiquer que ces terres, avant d'avoir été émergées, avaient été graduellement élevées et exposées à l'action destructive d'eaux peu profondes.

---

(1) *Three expeditions*, etc. Trois expéditions dans l'intérieur de l'Australie orientale, etc., 2 vol. in-8, avec planches. Londres, 1838.

(2) *Physical description of new South Wales*, etc. Description physique de la Nouvelle-Galles du Sud et de la Terre de Van-Diemen, in-8, avec carte, planches de coupes et de fossiles. Londres, 1845. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 558. — J.-B. Jukes, *Sketch of the geological structure of Australia.* (*Rep.* 16th *Meet. brit. Assoc. at Southampton*, 1846 (Londres, 1847), p. 50 des Notices.)

Les plages soulevées sont disposées à de grands intervalles le long des côtes actuelles des deux colonies. Elles sont formées de bancs horizontaux, placés à diverses hauteurs au-dessus de la mer et paraissant avoir été élevés à des époques différentes. La plage soulevée au lac King, à 21 mètres au-dessus de la mer, est composée d'argile endurcie, rougeâtre et calcarifère, qui renferme des Huîtres et des Anomies différentes de celles du rivage, tandis que sur la côte méridionale, entre le cap Littrop et la baie de Portland, il y a des coquilles d'espèces vivantes empâtées dans une roche grise. L'île Verte, dans le détroit de Bass, est formée de coquilles réduites en fragments, et s'élevant à 30 mètres au-dessus de l'eau. Il en est de même de la pointe sud-est de l'île Flinders. A 10 milles au sud du cap Grimm et sur la côte occidentale de la Terre de Van-Diemen, on trouve également des portions de plages soulevées, semblables à celles du détroit. M. G. Frankland (1) pense aussi que le niveau relatif de la mer et des terres a sensiblement changé à une époque peu ancienne.

Les brèches osseuses sont des accumulations dans des fentes, et dont la plus remarquable est celle de la vallée de Wellington. Leurs caractères sont d'ailleurs les mêmes que ceux des brèches osseuses de l'Europe. Les grottes de Wellington montrent que des révolutions ont eu lieu dans ce pays comme dans d'autres parties du globe, et probablement à la même époque, et l'on y trouve les ossements des mammifères terrestres qui peuplèrent d'abord le continent australien.

Parmi les débris accumulés dans les vallées, M. de Strzelecki signale les bois fossiles de Dart-Brook et du lac Saint-Georges, dans la Nouvelle-Galles du Sud, où les fragments sont imparfaitement pétrifiés. Dans quelques localités, comme dans la vallée de Derwent (Terre de Van-Diemen), il y a des troncs d'arbres tout à fait opalisés, enveloppés dans un basalte scoriacé et dans un conglomérat trachytique. Des accumulations de fragments basaltiques, de cailloux de diverses roches, confusément mêlés, formaient vers le fond de cette même vallée une sorte de barrière qui a été rompue ensuite. Nous reviendrons d'ailleurs sur les bois fossiles si communs dans l'Australie, et dont, à l'exception des conifères provenant du terrain houiller, nous ne pouvons fixer l'âge avec certitude, non

(1) *Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 115.

plus que celui des calcaires à Hélices d'Hobart-Town, sans doute très récents.

Est-ce à l'époque quaternaire que l'on devra rapporter l'émersion des plaines immenses de sable et de cailloux, privées d'eau, mais parsemées çà et là de buttes sablonneuses, que M. Sturt (1) a parcourues en 1845, en pénétrant à travers le continent australien jusqu'à un point situé par 138° longitude et 24° 40′ de latitude? Il serait sans doute aussi prématuré de se prononcer à ce sujet que sur l'émersion de certaines parties basses du continent africain et des dépressions du désert de Gobi, dans la Tartarie chinoise. Quoiqu'il n'y signale aucun débris marin, l'intrépide voyageur nous dépeint cette contrée comme ayant été entièrement sous l'eau, et son niveau ne paraît pas être aujourd'hui sensiblement au-dessus de celui de l'Océan. Les plantes qui y croissent sont de celles qui vivent dans le voisinage des eaux salées ou saumâtres. On n'y trouve point d'arbres fort âgés ni très grands, et M. Sturt est incertain si les chaînes de collines sablonneuses ont été formées par les vents ou bien par un effet du retrait de la mer. Ce désert, jonché de pierres, ressemble au lit d'un immense courant, et cette région, qui paraît se prolonger au nord vers le golfe de Carpentarie, est sans aucun doute la partie la plus basse du continent. M. Leichardt a entrepris en 1847 un autre voyage, pendant lequel il a dû longer au nord le désert dont nous venons de parler pour se diriger ensuite vers la côte occidentale.

Déjà M. R. Owen, dans un appendice à l'ouvrage de M. Mitchell, avait décrit les fossiles recueillis dans les cavernes de la vallée de Wellington, et établi qu'à une époque, qui paraît correspondre à celle dont nous nous occupons, il avait existé dans l'Australie des espèces de Wombat (*Phascolomys*), de Potoroo (*Hypsiprymnus*), de Phalanger (*Phalangista*), de Kanguroo (*Macropus*) et de Dasyure, dont aucune ne pouvait être rapportée aux espèces vivantes de ces genres, tandis que quelques espèces éteintes, telles que le *Macropus titan* et le *Macropus atlas* dépassaient de beaucoup les plus grands Kanguroos connus, et qu'il en était de même des Dasyures. **Paléontologie.**

Le *Mastodon australis* trouvé dans une caverne par M. de Strzelecki est le seul fossile de la classe des mammifères appartenant à un genre qui ne soit pas exclusivement propre au pays (2). Ce

(1) Le journal *le Constitutionnel*, 15 déc. 1847.
(2) *On the discovery*, etc. Sur la découverte de débris de Masto-

genre, si la détermination est exacte, ferait ainsi exception à la loi générale de répartition géographique, ou de localisation continentale des animaux non seulement de la faune actuelle, mais encore de celle des époques tertiaire supérieure et quaternaire. Aucun genre de mammifère n'a eu une distribution géographique aussi étendue, puisqu'il nous offre des espèces très voisines, en Europe, en Asie, dans les deux Amériques et dans l'Australie, où, comme on vient de le dire, c'est le seul quadrupède de ce dernier continent qui ait été représenté par d'autres espèces dans les diverses parties de la terre. Ce genre, qui a vécu aussi en Europe pendant les périodes tertiaire moyenne et supérieure, et pendant l'époque quaternaire en Amérique, semble donc justifier également d'une manière remarquable, pour la classe des mammifères des périodes récentes, ce que nous avons dit des espèces de la classe des mollusques pour les périodes anciennes (*antè*, vol. I, p. 402).

L'Australie présente d'ailleurs, comme les autres régions du globe, une correspondance frappante entre les espèces récemment éteintes et la faune mammifère aborigène, si intéressante sous le rapport de l'organisation de la plupart des quadrupèdes qui la composent. Le grand groupe naturel des marsupiaux nous y offre, pour ainsi dire, les représentants de la plupart des ordres et des sous-classes les plus étendues. Ainsi, les Dasyures jouent le rôle des carni-

---

donte en Australie. (*Ann. and Magaz. nat. history*, n° 67, p. 7.) — *Report on the extinct Mammals*, etc. Rapport sur les mammifères éteints de l'Australie et sur la distribution géographique des mammifères en général pendant la période tertiaire supérieure et l'époque diluvienne. (*Rep. 14th Meet. brit. Assoc. at York*, 1844 (Londres, 1845), 6 planches. — *Second report*, etc. Second rapport sur les mammifères éteints de l'Australie et quelques nouvelles observations sur le genre *Dinornis* de la Nouvelle-Zélande (*Rep. 15th Meet. brit. Assoc. at Cambridge*. — *L'Institut*, 14 janvier 1846.) — *Sur la distribution géographique des mammifères dont les races sont éteintes*. (*The Athenæum*, n° 951. — *L'Institut*, 18 oct. 1846.) — *Catalogue descriptif et* illustratif *des débris fossiles rassemblés dans le muséum du collége royal des médecins*. — De Strzelecki, *loc. cit.*, p. 298.

Voyez aussi : Hodgson, *Reminiscences of Australie*, etc. Renseignements sur les mammifères fossiles de l'Ausfralie. (*L'Institut*, 21 oct. 1846.) On pourrait s'étonner d'y voir mentionnés le *Dinotherium* et le Tapir avec le *Macropus;* mais les débris rapportés au *Dinotherium* par M. H. de Meyer (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 703) sont ceux que M. Owen regarde comme appartenant à son *Mastodon australis*.

vores, les *Bandicoots* (Ornithorhynque et Échidné) des insectivores, les phalangers des quadrumanes, les Wombats des rongeurs, et les Kanguroos, à un degré plus éloigné, représentent les ruminants. Les cavernes à ossements de l'Australie ont fait voir que ce continent nourrissait autrefois des espèces beaucoup plus grandes appartenant aux mêmes genres de marsupiaux et même un type éteint de cet ordre (*Diprodoton*), représentant les pachydermes des autres continents. Cet animal, qui réunit à la fois les caractères des *Phascolomys* et des *Macropus* avec des dimensions colossales, constituait alors comme le *Nototherium* un des anneaux de cette chaîne d'êtres que le temps a brisée.

La plus remarquable des faunes actuelles est sans aucun doute celle des îles de la Nouvelle-Zélande, que M. Lyell (1) comparait à celle de la formation wealdienne. Une petite espèce de rat est le seul mammifère terrestre indigène que l'on y connaisse, et le plus caractéristique des animaux à sang chaud est l'Aptéryx, le plus petit des oiseaux de l'ordre des *struthiones* ou *wingless*. Les rudiments de ses membres antérieurs sont les moins développés, et ses os ne sont point traversés par des cellules aériennes. Dans les dépôts récents du nord de l'île, dépôts qui sont probablement de l'époque quaternaire, on a rencontré de nombreux ossements ayant appartenu à un genre d'oiseau *struthione* qui a beaucoup de rapports avec l'Aptéryx. Les débris de ce genre (*Dinornis*) sont très fréquents, malgré la taille gigantesque des espèces, dont une est d'un tiers plus grande que l'autruche d'Afrique (2). Six espèces déterminées proviennent de la baie de Poverty, de Wanganui et de Vairva. L'une d'elles, même, paraît n'avoir complètement disparu que depuis un siècle ou deux, ou depuis les temps historiques, comme le Dodo de l'Ile-de-France. Nouvelle-Zélande.

Les ossements de *Dinornis* ou *Moa*, nom que les habitants du

(1) *Éléments de géologie*, p. 366. 1838. — *Principes de géologie*, vol. I, p. 204. Éd. de 1837.

(2) R. Owen, *Notice of a fragment*, etc. Notice sur un fragment de *fémur* d'un oiseau gigantesque de la Nouvelle-Zélande. (*Transact. zool. Soc. of London*, vol. III, p. 29. 1842. Mém. lu en 1829.) — *On Dinornis*, etc. Sur le *Dinornis* (oiseau surprenant), genre éteint d'oiseau *struthione* tridactyle, avec la description des portions de squelette de cinq espèces qui existaient anciennement dans la Nouvelle-Zélande. (*Ibid.*, p. 235, 15 pl. 1844.) — Suite des recherches de M. Owen sur le *Dinornis*. (*Soc. zool. de Londres*, 23 juin et 14 juillet 1846. — *L'Institut*, 6 janvier 1847.)

pays ont donné à cet oiseau, sont trouvés dans le gravier et dans les autres couches détritiques que les rivières et les torrents ont excavés, ou bien dans la vase de la côte recouverte à la haute mer. D'après M. Taylor, le gisement de ces os serait partout surmonté de dépôts marins et lacustres ; mais M. Walter Mantell (1) en a recueilli dans des sables volcaniques au-dessous de cailloux de roches ignées. Les ossements de l'embouchure du Waingongoro proviendraient des régions volcaniques du Mont-Egmont, dont le sommet s'élève au-dessus de la ligne des neiges perpétuelles (*antè*, vol. I, p. 575). En outre, des terrasses de limon et de gravier, de 15 à 30 mètres de hauteur, prouveraient un soulèvement des côtes à une époque très peu ancienne, et le lit des rivières coupant les dépôts ossifères, établissent que ce changement de niveau est postérieur à l'enfouissement des Dinornis et des autres oiseaux.

Les animaux à sang chaud de la Nouvelle-Zélande, où aucune trace de mammifère fossile n'a encore été trouvée, et qui ne présentait ni marsupiaux, ni d'autres espèces de quadrupèdes aborigènes, lorsqu'elle fut découverte par Cook, montrent, entre la faune actuelle et celle qui l'a précédée immédiatement, la même analogie que celle qu'on observe dans les plus grandes divisions naturelles des terres actuellement émergées. Ainsi, les mêmes formes particulières de quadrupèdes mammifères et d'oiseaux terrestres étaient, pendant l'époque quaternaire, restreintes aux mêmes régions naturelles que dans l'époque moderne, et la disposition générale des grandes circonscriptions des terres émergées existait déjà telle que nous la voyons aujourd'hui (2).

---

(1) De la Bèche, *Address delivered*, etc. Discours annuel du 18 fév. 1848, p. 27.

(2) R. Owen, *Report on the extinct Mammals*, etc. Rapport sur les mammifères éteints de l'Australie ; *loc. cit.* — *Id. sur la distribution géographique des mammifères dont les races sont éteintes ; loc. cit.* — Buckland et Owen, *Sur le* Megalornis *de la Nouvelle-Zélande.* (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 334.) — Voyez aussi : MM. Deane, G. Mantell et R. Owen, *Amer. Journ.*, vol. XLV, p. 177. 1843.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE LA PREMIÈRE PARTIE (1).

Nous venons de décrire, sous le nom de *terrain quaternaire* ou *diluvien*, tous les phénomènes tant organiques qu'inorganiques, qui ont laissé des traces entre la fin de la période sub-apennine déterminée par le soulèvement de la chaîne principale des Alpes et le commencement de l'époque actuelle ou du *terrain moderne*. La comparaison et la coordination des matériaux qui ont été publiés depuis quinze ans, relativement aux diverses parties du globe, sur les produits de ces phénomènes, nous ont amené aux résultats suivants, qui sont uniquement la conséquence des faits, et qui peuvent être regardés comme indépendants de toute théorie sur l'origine ou la nature des causes auxquelles ils sont dus. C'est, en d'autres termes, l'expression la plus simple de ce qui jusqu'à présent est acquis à la science.

1° Le phénomène des stries, des sillons et du polissage des roches dans le nord-ouest de l'Europe et les États-Unis du nord de l'Amérique, a précédé tous les dépôts de cette époque, et par conséquent le développement des faunes marines, lacustres et terrestres. Si ces traces de frottement ont été produites par des glaciers, les coquilles dites *arctiques*, ensevelies dans les argiles et les sables qui les recouvrent, ne sont point contemporaines de la période du plus grand froid, puisqu'on les trouve intactes sur la place même que ces glaciers ont dû occuper. Ainsi ces dépôts coquilliers qui, dans le nord-ouest de l'Europe, semblent indiquer une température plus basse que celle d'aujourd'hui, sous la même latitude, prouveraient aussi une température plus élevée que celle de la période qui les a immédiatement précédés.

2° Autant que les documents recueillis jusqu'à présent permettent de le conjecturer, la faune terrestre des grands mammifères

(1) Communiqué à la Société géologique dans la séance du 21 fév. 1848. (*Bull.*, 2e sér., vol. V, p. 202. 1848.)

pachydermes, ruminants et carnassiers, serait également postérieure aux stries et aux surfaces polies, et en grande partie aussi aux dépôts coquilliers précédents, car elle aurait coïncidé avec un second radoucissement de la température. La cause qui l'a détruite n'a donc pas pu être, comme on l'a dit souvent, la basse température qui avait déterminé la plus grande extension des glaciers, sans quoi ces animaux se trouveraient appartenir au terrain tertiaire supérieur. Or, ce dernier présente des caractères zoologiques bien distincts; sa fin a dû coïncider à peu près avec cette même période de froid, et, dans le centre de l'Europe, avec le soulèvement des Alpes du Valais. Cette faune d'animaux vertébrés, non moins remarquables par leur taille que par la variété et le nombre des individus, a donc vécu bien *après* le moment du phénomène des stries ou du plus grand froid présumé, et *avant* le cataclysme qui semble les avoir détruits presque simultanément en Europe, en Asie, dans les deux Amériques et dans l'Australie, et qui a enveloppé leurs débris dans le sable, le gravier et les cailloux des vallées, ainsi que dans le limon des cavernes.

3° Si les dépôts erratiques qui renferment ces ossements ont été charriés par des courants provenant de la fonte d'anciens glaciers, il faut que ceux-ci n'aient point appartenu à l'époque du plus grand froid; ils devaient être confinés alors dans les régions montagneuses pour permettre le développement dans les plaines et les parties basses du sol, non seulement des grands mammifères, mais encore d'une végétation assez riche pour suffire à leur nourriture. Il y aurait eu ainsi un radoucissement très sensible de la température après le moment du plus grand froid représenté par les stries et les roches polies les plus anciennes, période pour la durée de laquelle nous ne possédons encore aucun chronomètre semblable à ceux qu'emploient les géologues, et dont nous ne pouvons assigner à peu près que le commencement et la fin.

4° Ce premier phénomène erratique se serait plus particulièrement exercé dans la zone boréale de l'Europe et de l'Amérique, et, affectant une direction assez indépendante du relief du pays, ses effets auraient été plus généraux; le second, se manifestant surtout dans les régions tempérées des deux hémisphères, a été soumis à l'influence de causes plus locales qui l'ont fait rayonner de certaines sommités, ou converger vers l'axe des dépressions du sol, et, sur beaucoup de points, il aurait eu deux phases bien distinctes, caractérisées chacune par la nature de leurs dépôts. Dans quelques mas-

sifs montagneux on peut retrouver encore les traces d'un troisième phénomène plus récent et non moins énergique, qui est venu clore l'époque quaternaire comme le premier l'avait commencée.

Nous sommes amené de la sorte à une application plus générale d'une partie des idées que nous avons vues émises par M. H. D. Rogers pour l'Amérique du Nord, savoir : qu'il y avait eu deux phénomènes erratiques séparés par une période de repos. C'est pendant celle-ci qu'auraient vécu d'abord la faune des mollusques marins, puis celle des coquilles fluviatiles et terrestres associées aux pachydermes, carnassiers et ruminants qui caractérisent le terrain quaternaire. La première de ces faunes ou celle des mollusques existe encore presque en totalité, tandis que la seconde ou celle des mammifères n'a plus, au contraire, qu'un petit nombre de représentants dans la nature actuelle; discordance remarquable, jusqu'à présent propre à cette époque, et qui est plus frappante encore lorsque l'on considère isolément les végétaux, les coquilles marines, les coquilles fluviatiles et terrestres, et certains genres de mammifères.

5° Après la formation des stries et des surfaces polies, il y eut sur beaucoup de points un abaissement sensible des côtes, et plus tard, dans presque toutes les parties du globe, la fin de l'époque quaternaire a coïncidé avec un soulèvement inégal de ces mêmes côtes (1). Ce soulèvement a varié, suivant les localités, depuis quelques mètres jusqu'à 450 et peut-être même 1000 mètres au-dessus du niveau actuel des mers, et sans que, dans la plupart des cas, il ait encore été possible de constater des dislocations en rapport avec ces mouvements du sol.

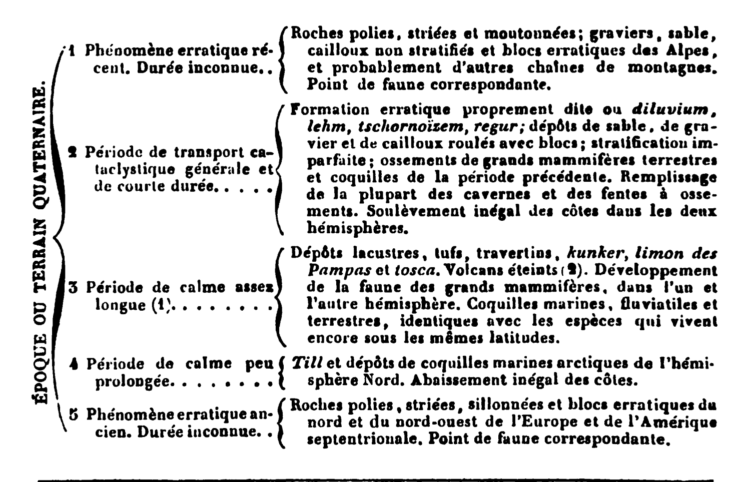
6° Enfin, bien que l'on rencontre dans tous les terrains des poudingues, des brèches et des conglomérats incohérents, on doit reconnaître qu'à aucune des époques de l'histoire de la terre il ne s'est produit, d'une manière aussi générale à sa surface, des dépôts détritiques dus à des causes mécaniques, violentes et passagères, et une aussi faible quantité relative de dépôts sédimentaires réguliers, marins ou lacustres dus à l'action des eaux tranquilles. Si l'on remarque, en outre, que la grandeur des effets mécaniques

(1) Nous raisonnons ici dans l'hypothèse où les traces de frottement ont été faites lorsque le sol était *au-dessus* du niveau des mers; dans la supposition contraire, il n'y aurait eu qu'un simple soulèvement graduel ou paroxysmatique, mais point d'abaissement antérieur (voy. *posteà*, p. 435).

paraît être en rapport avec la latitude, et qu'ils sont d'autant plus prononcés qu'on s'éloigne davantage de la zone équatoriale, où ils semblent avoir été nuls, on sera porté à y voir l'influence prédominante de causes extérieures ou météorologiques plutôt que celle des agents internes du globe, qui n'ont donné lieu qu'à de faibles oscillations de son écorce.

On peut penser aussi, dès à présent, qu'aucune des hypothèses proposées pour expliquer les phénomènes de l'époque diluvienne ne suffit pour rendre compte à elle seule de tous les faits observés, mais que les actions invoquées par plusieurs d'entre elles ont concouru, soit simultanément, soit successivement, et dans des proportions diverses, suivant les circonstances, aux résultats que nous avons sous les yeux. On doit donc s'attacher à déterminer désormais, dans le temps et dans l'espace, le degré d'influence des différentes causes qui ont produit ces effets.

Si les recherches ultérieures venaient confirmer ces premiers aperçus, il serait possible de présenter sous la forme suivante la série des principaux phénomènes de l'époque quaternaire, en allant du plus récent au plus ancien ; car, dans ce qui précède, nous nous sommes plus attaché à considérer les faits dans leurs caractères différentiels que dans leur chronologie.



ÉPOQUE OU TERRAIN QUATERNAIRE.	1 Phénomène erratique récent. Durée inconnue..	Roches polies, striées et moutonnées; graviers, sable, cailloux non stratifiés et blocs erratiques des Alpes, et probablement d'autres chaînes de montagnes. Point de faune correspondante.
	2 Période de transport cataclystique générale et de courte durée.	Formation erratique proprement dite ou *diluvium*, *lehm*, *tschornoïzem*, *regur*; dépôts de sable, de gravier et de cailloux roulés avec blocs; stratification imparfaite; ossements de grands mammifères terrestres et coquilles de la période précédente. Remplissage de la plupart des cavernes et des fentes à ossements. Soulèvement inégal des côtes dans les deux hémisphères.
	3 Période de calme assez longue (1).	Dépôts lacustres, tufs, travertins, *kunker*, *limon des Pampas* et *tosca*. Volcans éteints (2). Développement de la faune des grands mammifères, dans l'un et l'autre hémisphère. Coquilles marines, fluviatiles et terrestres, identiques avec les espèces qui vivent encore sous les mêmes latitudes.
	4 Période de calme peu prolongée.	*Till* et dépôts de coquilles marines arctiques de l'hémisphère Nord. Abaissement inégal des côtes.
	5 Phénomène erratique ancien. Durée inconnue. .	Roches polies, striées, sillonnées et blocs erratiques du nord et du nord-ouest de l'Europe et de l'Amérique septentrionale. Point de faune correspondante.

(1) On est habitué à considérer les sédiments marins et même lacustres comme représentant la période pendant laquelle ont vécu les animaux qui s'y trouvent enfouis; mais il n'en est pas ainsi des

dépôts exclusivement erratiques et qui ne renferment que des débris d'animaux terrestres, car ils ne nous représentent en réalité que le moment de leur destruction : aussi nous sommes-nous attaché à distinguer toujours le temps pendant lequel ont vécu les grands mammifères quaternaires du cataclysme qui, en balayant la surface des continents, a dû entraîner leurs débris et les ensevelir dans les dépôts de sable, de gravier et de cailloux diluviens. Si l'on construisait une carte qui représentât exactement toute la surface que les phénomènes erratiques ou ceux qui ont transporté dans les plaines et les vallées les matériaux meubles ont occupée pendant l'époque dont nous parlons, on verrait que toutes ces faunes si riches et les flores non moins variées qui devaient les alimenter, n'auraient pu trouver place que sur un petit nombre de points élevés dont la nature, comme la disposition du sol, ne leur aurait pas permis de subsister longtemps, et encore moins d'y prendre cet accroissement que nous attestent leurs innombrables dépouilles.

(2) Quoique nous placions ici les volcans éteints dont nous parlerons plus tard, il ne s'ensuit nullement que les roches qui les composent n'aient fait éruption que dans cette période. La manifestation des agents intérieurs du globe n'a sans doute jamais été complétement interrompue ; elle s'est seulement modifiée en s'affaiblissant graduellement jusqu'à nos jours.

APPENDICE.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES RELATIVES A L'ANCIENNE EXTENSION DES GLACIERS.

Nous mentionnerons ici quelques idées qui n'ont pas dû trouver place dans le courant de cette première partie, ne s'appliquant qu'à l'ancienne extension des glaciers envisagés au point de vue des conditions de leur existence et des causes qui ont pu les déterminer.

M. Le Blanc (1) s'est attaché à faire voir qu'un abaissement de température de 7°, à la latitude des Vosges, suffirait, pour qu'il se formât sur cette chaîne des glaciers qui s'étendraient à 2 ou 3 lieues. Pour l'auteur, les dépôts de transport, appelés diluviens, ne résultent pas seulement de l'action directe des moraines, mais aussi de celle des grands cours d'eau qui ont dû suivre la fusion des glaces, ce qui n'exclut pas non plus le transport par les glaces flottantes. Ainsi, M. Le Blanc avait posé, en peu de mots et presque dès l'origine de la discussion, des distinctions importantes dont les défenseurs d'une théorie trop exclusive n'ont pas d'abord tenu compte, mais auxquelles ils ont été nécessairement ramenés depuis. Conditions d'existence des anciens glaciers.

M. J.-D. Forbes (2), en répondant à une objection qui résultait de la difficulté de concevoir un ancien état du globe assez froid pour permettre une extension des glaciers aussi grande que la théorie l'exige, pense que l'opinion des géologues est trop exclusivement basée sur des considérations zoologiques. Mais ces caractères mêmes ne seraient point, suivant lui, en contradiction avec l'hypothèse proposée, d'abord parce que de nouvelles espèces vivantes sont chaque jour découvertes dans des climats où l'on ne soupçonnait pas qu'elles vécussent, et ensuite parce que des documents récents ont

(1) *Bull.*, vol. XII, p. 132. 1841.
(2) *Travels through the Alpes*, etc. Voyage dans les Alpes de la Savoie, etc. p. 54. in-8. Londres, 1843.

démontré que des coquilles d'une époque particulière correspondant à la dispersion des blocs erratiques avaient un caractère évidemment arctique, ou vivaient alors sous une latitude plus basse que celle où on les trouve aujourd'hui. Il y a ici, comme on le voit, une de ces erreurs de temps que nous avons signalées plusieurs fois.

Le savant physicien d'Édimbourg rappelle ensuite qu'on a souvent admis que les glaciers des Alpes s'étaient étendus plus qu'à présent, et il ajoute, sans probablement savoir ce que M. Le Blanc avait déjà dit, qu'il ne faudrait pas un abaissement de température aussi considérable qu'on le croit au premier abord pour faire descendre les glaciers beaucoup plus bas.

(P. 55). Quant à cette autre objection de la faible inclinaison sous laquelle ces anciens glaciers se seraient mus et auraient charrié leurs débris, M. Forbes fait remarquer que d'après M. de Charpentier le glacier du Rhône au Jura n'aurait eu que 1° 8′ de pente, et d'après M. Élie de Beaumont 15′ seulement; or la pente des glaciers actuels est sans doute plus forte, mais est-il prouvé que cette pente soit nécessaire au mouvement? La cause immédiate de ce mouvement et la manière dont il s'effectue étant encore le sujet d'opinions très diverses (*antè*, vol. I, p. 249 et 265).

(P. 385). La convexité des glaciers paraît tenir à la pression hydrostatique qui agit en haut avec plus d'énergie vers le centre que sur les bords, et les expériences que l'auteur a faites lui ont donné un résultat analogue, et par conséquent inverse de celui que présentent les rivières dont le milieu est plus bas parce que le liquide y coule plus vite qu'il ne peut y être remplacé. La théorie de la plasticité de la glace, dont nous avons déjà parlé (*antè* vol. I, p. 258), s'appliquerait aussi à l'extension des anciens glaciers, en ce sens que, comme les rivières larges et profondes coulent sur une pente beaucoup plus faible que les petites qui sont en même temps peu profondes, l'analogie permet d'admettre qu'il en est de même pour les glaciers, et l'objection que l'inclinaison des anciens glaciers était trop faible pour qu'ils pussent se mouvoir se trouverait alors sans valeur. La pente nécessaire pour produire une vitesse donnée est relative aux dimensions du courant. Un courant qui aurait deux fois la longueur, la largeur et la profondeur d'un autre coulera avec la même vitesse sur une pente moitié moins forte, et un courant qui aurait dix fois ces dimensions coulerait encore sur 1/10 de cette même pente. Par conséquent, toujours dans l'hypothèse de la plasticité, un glacier, s'étendant du sommet des Alpes par la

vallée du Rhône jusqu'au Jura, aurait pu se mouvoir sur la pente de 15′ qui lui est assignée.

La puissance de transport des courants d'eau, sous certaines conditions, a été l'objet des recherches de M. W. Hopkins (1) qui a montré que des courants animés d'une vitesse de 10 à 12 milles à l'heure pouvaient transporter les plus gros blocs, mais que l'action des glaciers et celle des glaces flottantes étaient aussi des causes dont les effets avaient été sans doute confondus soit entre eux, soit avec l'action des courants. Si, comme il s'est attaché à le démontrer, le mouvement des glaciers est dû à la gravité, il serait, dit-il, hors de toute vraisemblance de leur attribuer le transport des blocs disséminés sur les plaines du nord de l'Allemagne et de la Russie. Le charriage des grands blocs du Nord peut avoir été effectué par les glaces flottantes, tandis que celui des blocs placés sur les flancs des Alpes l'aurait été par des glaciers plus étendus que ceux d'aujourd'hui. Dans d'autres circonstances il a pu y avoir combinaison des deux moyens, et des blocs apportés des montagnes par les glaciers auraient flotté sur des glaçons jusqu'à de grandes distances. M. Hopkins admet qu'un soulèvement de 400 à 500 mètres a pu avoir lieu depuis le dépôt des blocs erratiques qui auraient été abandonnés par des glaces flottantes, et à cette occasion il rappelle les amas coquilliers que nous avons cités sur le versant nord du Snowdon. Mais il ne peut y avoir ici de comparaison à établir, car il n'existe dans les Alpes ni dans le Jura aucune preuve semblable du séjour récent de la mer, et de plus il y a contradiction avec ce que l'auteur concède plus haut du transport des blocs des Alpes par les glaciers. (Voyez *posteà*, p. 436.)

Causes présumées de l'ancienne extension des glaciers.

On conçoit qu'une fois entré dans le champ des hypothèses sur une époque de grand froid après la période tertiaire sub-apennine, et qu'en étendant même cette supposition aux périodes précédentes qui n'auraient plus été marquées par des révolutions venues de l'intérieur de la terre, mais, au contraire, par des effets climatériques ou météorologiques, on conçoit, disons-nous, qu'il fallait rechercher la cause de ces refroidissements supposés, soit simples, soit multiples ou périodiques, s'assurer si cette cause était inhérente à la terre et pouvait se déduire de certaines modifications dans son état physique ou dans sa position, ou bien si l'on devait avoir recours à des phénomènes cosmiques.

---

(1) *Transact. phil. Soc. of Cambridge*, vol. VIII, part. II, p. 159. 184 — *Phil. Magaz.*, vol. XXVII, p. 56. 1845.

M. Rozet (1), prenant en considération ce que l'on a regardé comme des traces d'anciens glaciers dans des endroits où il n'en existe plus de mémoire d'homme, a cru pouvoir rattacher ces effets aux déformations de la croûte du globe dont nous avons parlé (*antè*, vol. I, p. 57), et par suite desquelles certains pays, ayant été portés à une plus grande élévation que celle où nous les voyons actuellement, auraient été soumis à une température et à des conditions physiques favorables au développement des glaciers, qui auraient disparu plus tard, par l'abaissement de ces mêmes contrées. M. de Roys avait aussi déduit le refroidissement périodique de la surface, de considérations géogéniques que nous avons exposées (*antè*, vol. I, p. 34).

Dans le chapitre IV des *Études sur l'histoire de la terre* (2), M. de Boucheporn a traité des blocs erratiques et de l'époque des grandes glaces européennes, et il croit que l'hypothèse qui pour l'Europe répond le mieux aux conditions du problème est un déplacement de l'axe terrestre, à la suite duquel le pôle boréal se serait trouvé en quelque endroit de la Baltique, au nord de la Prusse ou de la Pologne (p. 125) (3). Mais cette supposition ne s'accordant pas avec les traces du même phénomène dans l'Amérique du Nord, il explique ces dernières (p. 346) par un autre déplacement de l'axe, antérieur à celui dont nous venons de parler et qui aurait amené le pôle nord sur les côtes des États-Unis, non loin du golfe de Boston, à 4 degrés au N.-E. des îles Bermudes. Enfin, M. de Boucheporn (p. 351) rapporte à son 13e système de soulèvement, celui de l'Atlas et de l'Himalaya oriental, le *diluvium* et les *dépôts quaternaires*, en donnant à ces expressions absolument le même sens que nous. Ce troisième déplacement de l'axe aurait occasionné la fonte et la dispersion des glaces de l'époque précédente, celle pendant laquelle le pôle nord se trouvait à la place de la Baltique. Alors fut détruite la faune des grands mammifères, et se déposèrent tous les détritus erratiques et les alluvions anciennes ou lehms. Mais ici nous ne voyons plus indiquées la position des pôles par rapport à ce

---

(1) *Bull.*, 2e sér., vol. II, p. 661. 1845.
(2) In-8, avec carte et planches. Paris, 1844.
(3) Cette idée d'un changement de position de l'axe pour expliquer les déplacements des bassins des mers a été émise dès le xve siècle. Voyez : *Alessandro degli Alessandri*, DIES GENIALES, liv. v, chap. 9. — Brocchi, *Conchiologia fossile*, éd. in-12, 1843, vol. I, p. 48.

nouvel équateur, ni la partie de l'hémisphère nord qui a été couverte de glace immédiatement avant le 14e système, celui de l'équateur actuel.

Lorsque l'auteur écrivait sa brillante théorie, sous l'inspiration d'une idée qui semblait s'adapter en effet à un certain nombre des résultats observés, il s'en fallait de beaucoup que nos connaissances fussent aussi avancées qu'elles le sont aujourd'hui relativement aux phénomènes de l'époque quaternaire, et l'on conçoit que quelques observations aient pu se grouper pour appuyer l'hypothèse des déplacements de l'axe de la terre; mais les détails que nous avons donnés ne permettent plus de s'arrêter à cette explication. M. de Boucheporn n'a, d'ailleurs, fait entrer dans ses appréciations qu'une partie des caractères physiques du terrain diluvien, sans se préoccuper de ceux que présentent les animaux marins et terrestres, et il suffira de comparer le résumé que nous venons de présenter comme étant la simple expression des faits avec ses trois dernières époques, pour apercevoir toutes les objections que son hypothèse vient soulever.

Dans ses *Considérations géologiques et historiques sur le dernier cataclysme du globe* (1), M. F. Klee a aussi attribué le déluge mosaïque à un déplacement de l'axe terrestre, dont la cause aurait été à l'intérieur même de la terre, et non en dehors; mais nous n'avons pas à nous étendre sur les travaux de ce genre qui n'appartiennent pas essentiellement à la science.

Portant ses regards au-delà de la surface du globe, et même au-delà de son atmosphère, M. Renoir (2) avait d'abord pensé que des taches sur le disque du soleil, en affaiblissant l'énergie de ses rayons calorifiques, pouvaient rendre compte d'un abaissement de température sur notre planète et par conséquent de l'extension des glaciers; peut-être aussi le déplacement de tout notre système dans l'immensité des espaces célestes, déplacement que nous avons vu invoqué par Poisson (*antè*, vol. I, p. 21) pour produire la fusion de toutes les roches, a-t-il pu lui faire traverser aussi des régions plus

---

(1) In-12, édition danoise, 1842. — Éd. allemande, 1843. — Éd. française, 1847.

(2) *Bull.*, vol. XI, p. 64. 1839. — *Ibid.*, p. 499. 1840. — Voyez aussi : Gautier, *Recherches relatives à l'influence que le nombre et la permanence des taches qui paraissent sur le disque du soleil peuvent exercer sur la température terrestre.* (*Bibl. univ. de Genève*, nouv. sér., juin 1844, p. 327.)

froides que celle qu'il occupe aujourd'hui, et produire à sa surface l'effet inverse. Mais abandonnant ces idées, sans pour cela quitter le vaste champ où il avait d'abord cherché la cause des glaciers, l'auteur fait remarquer (1) que le commencement des climats ou l'influence presque exclusive de la chaleur solaire qui les a produits semble avoir coïncidé avec la formation des glaces générales. Il suppose que, lorsque la surface n'était plus sensiblement échauffée par la chaleur propre du globe, celui-ci se trouvait à une distance telle du soleil, que le peu de calorique qu'il en recevait ne permettait pas à l'eau de rester liquide. La ligne des neiges perpétuelles s'abaissant de plus en plus serait arrivée jusqu'au niveau des mers, et les glaces et les neiges accumulées finirent par envelopper tout le globe avec ses habitants à la fin de l'époque tertiaire.

Pour justifier son hypothèse, M. Renoir a recours à une autre supposition et il admet que, par suite de la résistance de l'éther, la vitesse de translation des planètes doit diminuer et que celles-ci se rapprochent continuellement du soleil en décrivant autour de lui des spirales dont les tours sont extrêmement serrés. A un certain moment la terre a dû se trouver, comme les autres corps du système, assez éloignée du soleil pour que l'eau de sa surface fût à l'état de glace; mais, en se rapprochant lentement de l'astre central depuis l'époque de la congélation, la température extérieure s'est relevée graduellement, les glaces générales ont commencé à fondre et il en est résulté des torrents qui ont entraîné et déposé partout les amas de détritus erratiques. En s'élevant des plaines dans les montagnes, l'auteur a cru retrouver aussi des preuves du retrait successif des glaciers qui continueraient encore à diminuer et à remonter vers les cimes, puisque la terre se rapproche constamment du soleil. Par suite la température devra croître dans le même rapport, et cela jusqu'à ce que notre planète, ayant parcouru toute sa spirale, aille se précipiter dans le soleil lui-même.

Cette explication a été combattue et réfutée avec talent par M. Angelot (2) sous le point de vue physique et géologique, et par M. Fauverge (3) sous le point de vue astronomique. Les réponses

---

(1) *Bull.*, vol. XI, p. 148, 1840.

(2) *Observations sur la théorie des glaces universelles de M. Renoir.* (*Bull.*, vol. XII, p. 94. 1841.)

(3) *Observations sur un point de la théorie de M. Renoir.* (*Ib.*, p. 308.)

que M. Renoir a faites à ces objections (1) ne nous ont point paru les détruire non plus que celles qu'avaient présentées MM. de Roys, Leymerie et Le Blanc (2). Les faits acquis à la science depuis quelques années rendraient aujourd'hui toute discussion à cet égard complétement superflue.

Dans ce qui précède on a dû remarquer que les auteurs s'accordaient, du moins en attribuant l'extension des glaciers à un *abaissement de température*, quelle qu'en soit d'ailleurs la cause, et il était difficile de penser qu'on pût la trouver dans une *température plus élevée* que celle de nos jours. C'est cependant ce qu'a essayé de démontrer un savant très distingué, M. H. Lecoq, dans son ouvrage intitulé : *Des glaciers et des climats*, ou *des causes atmosphériques en géologie* (3). Ce travail, où l'auteur a rassemblé beaucoup de faits connus qu'il a jugés propres à appuyer son hypothèse, peut se résumer dans ces trois propositions : 1° une température plus élevée que celle de nos climats actuels a été la cause de l'ancienne extension des glaciers ; 2° la chaleur solaire est la cause principale de la formation du terrain de transport ; 3° la probabilité du refroidissement séculaire du soleil. L'effet attribué à cette dernière cause a été contesté par M. A. Rivière (4) et il ne nous semble pas que l'auteur ait réfuté depuis les observations qui lui avaient été adressées. Quant aux démonstrations des deux autres propositions fondamentales du livre, particulièrement celles qui sont comprises dans les chapitres XIV, p. 237, et XVI, p. 306, nous regrettons que le défaut d'espace ne nous permette pas de les exposer ici pour chercher à justifier ensuite le peu de conviction qu'elles ont laissé dans notre esprit, malgré le talent du naturaliste qui les a développées. Cette publication de M. Lecoq n'en sera pas moins lue avec intérêt et restera dans la science comme une tentative pour résoudre une des questions les plus complexes et les plus obscures des derniers temps de l'histoire du globe.

Supplément bibliographique.

Luigi Ghirelli. — *Il Diluvio universale*, etc. Le déluge universel, prouvé par l'histoire naturelle. Rome, 1833. (*Rendiconto dell' Accad. di Bologna*, vol. I, p. 192, 1834.)

(1) *Bull.*, vol. XII, p. 401. 1841. — *Ib.*, vol. XIII, p. 43. 1841.
(2) *Ibid.*, p. 82 et 412.
(3) In-8. Paris, 1847.
(4) *Bull.*, 2ᵉ sér., vol. III, p. 400. 1846.

FISCHER DE WALDHEIM. — *Recherches sur les ossements fossiles de la Russie.* 1836.

— 2e *Lettre à M. Agassiz*, in-4°. Moscou.

DE FORTIA D'URBAN. — *Histoire des temps anté-diluviens*, 1 vol. in-12. Paris, 1837. — *Histoire de la Chine*, 1838.

DE RAZOUMOWSKI. — *Coup d'œil géologique sur le nord de l'Europe.* Berlin, 1839.

G. YOUNG. — *Scriptural geology*, etc. Géologie de l'Écriture, ou essai sur la haute antiquité assignée aux débris organiques, in-8. Londres, Édimbourg, Glasgow, 1839.

BECK. — *Bemerkungen ueber*, etc. Observations sur une nouvelle caverne à ossements de Westphalie. (*Arch. f. Miner.* de *Karsten*, 1842).

GUYOT. — *Mémoire sur les nivellements relatifs et la dispersion des blocs erratiques.* (*Actes de la Soc. helvétique des sc. nat.*, 1842.)

ISSACHAR COZZENS. — *Geological history*, etc. Histoire géologique de Manhattan, ou île de New-York, in-8. New-York, 1843.

FAUVERGE. — *Réfutation du système de transport des blocs erratiques sur des glaces universelles*, etc., in-8. Paris, 1843.

W. REDFIELD. — *Sur les phénomènes de la période alluviale.* (Assoc. géol. amér., 1844.)

NIEPCE. — *Mémoire sur l'existence des nappes d'eau souterraines dans l'arrondissement de Mâcon*, in-8. Mâcon, 1845.

R. OWEN. — *On an extinct gigantic Sloth*, etc. Sur un Paresseux gigantesque éteint (*Mylodon robustus*), découvert par M. P. de Angelis à six lieues au nord de Buenos-Ayres, et sur les quadrupèdes mégathéroïdes en général, in-4°. Londres, 1842.

ÉLIE DE BEAUMONT. — *Rapport sur un Mémoire de M. Alc. d'Orbigny*, intitulé : *Considérations générales sur la géologie de l'Amérique méridionale.* (*Compt.-Rend.* vol. XVII. 1843.)

BUCKLAND. — *Address delivered*, etc. Discours annuel à la réunion de la Soc. géol. de Londres, 1841, p. 66.

R. I. MURCHISON. — *Address delivered*, etc. Discours annuel à la réunion de la Soc. géol. de Londres, 1842, p. 52.

VON SHUBERT. — *On the period*, etc. Sur la période du déluge de Deucalion, d'Ogygès et de Noé. (*Edinb. new phil. Journ.*, vol. XIX, p. 34. 1835.)

J. LAURIS. — *On the different chronology*, etc. Sur les différentes chronologies du déluge. (*Ibid.*, p. 311.)

J. BLACK. — *On some appearances*, etc. Sur quelques apparences qui semblent avoir été en rapport avec une congélation antérieure de l'eau dans les interstices des roches. (*Ib.*, vol. XXXI, p. 38. 1836.)

L. AGASSIZ. — *A period in the history*, etc. Une période de l'histoire de notre planète. (*Ib.*, vol. XXXV, p. 1. 1843.)

— *Lettre sur les blocs erratiques des environs de Bade.* (*Neu. Jahrb.*, 1841, p. 556.)

G. BRONN. — *La théorie des glaciers et l'hypothèse de la période de froid de M. Agassiz, analysées sous le point de vue physique et géologique.* (*Neu. Jahrb.*, 1842, n° 1. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 857. 1842.)

W. V. BRUCHHAUSEN. — *Die periodisch Wieder kehrenden Eiszeiten*, etc. Du retour périodique des époques glaciaires et des déluges, et des conséquences de ces irruptions aqueuses sur les deux hémisphères, in-8. Trèves, 1845.

D'OMALIUS D'HALLOY. — *Observations sur les barres diluviennes.* (*Bull.*, 2e sér., vol. III, p. 244 1846.)

W. HOPKINS. — *On the transport of erratic Blocks.* Sur le transport des blocs erratiques. (*Phil. Magaz.*, vol. XXVII, p. 56. 1845.)

CH. KAPP. — *Sur les soulèvements et les affaissements continentaux, et la non-probabilité de trouver l'origine du diluvium dans la fonte des glaciers.* (*Neu. Jahrb.*, 1838, p. 573.)

— *Contemporanéité de la formation du diluvium avec les derniers soulèvements des chaînes, par suite des éruptions basaltiques et phonolitiques.* (*Ib.*, 1840, p. 219.)

J. HUGI. — *Die Gletscher und die erratischen Blocks.* Les glaciers et les blocs erratiques, in-8. Stuttgard, 1842.

BECKS et BRONN. — *Différences paléontologiques entre le sol tertiaire et les dépôts diluviens.* (*Neu. Jahrb.*, 1843, p. 258.)

L. FRAPOLLI. — *Del diluvio biblico.* Du déluge biblique. (*Revista europea*, Milan, 1847.)

G. COLLEGNO. — *Elementi di geologia pratica*, etc., chap. XIII, p. 201, et XXXII, p. 424, in-12. Turin, 1847.

E. W. BINNEY. — *Sketch of the drift*, etc. Esquisse du dépôt du drift de Manchester et de ses environs. 1847?

CH. MARTINS. — *Du transport de certains blocs erratiques de la Scandinavie*, etc. (*Bull.*, 2e sér., vol. IV, p. 1113. 1847.)

L. FRAPOLLI. — *Réponse à MM. Martins et Desor sur la théorie des glaces flottantes.* (*Ib.*, p. 1164.)

P. WEIBYE. — *Analyse d'une notice sur la théorie des vagues.* (*Ib.*, p. 1169, pl. VIII et IX.)

FORCHHAMMER. — *Sur les surfaces polies et striées du Danemark.* (*Ib.*, p. 1177.)

CH. MARTINS. — *Remarques sur la réponse de M. L. Frapolli et sur la théorie de M. Forchhammer.* (*Ibid.* p. 1185.)

W. HOPKINS. — *On the elevation and denudation*, etc. Sur l'élévation et la dénudation du district des lacs du Cumberland et du Westmoreland (*Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 70, n° 13, fév. 1848.) — Analyse. (*Proceed. id.*, vol. III, p. 757.)

Nous n'avons eu une connaissance complète de ce travail qu'après

l'impression de la plus grande partie du nôtre, mais le nom de son auteur et surtout l'importance que quelques personnes ont attachée à la théorie qu'il défend nous ont engagé à entrer dans quelques détails sur les points qui seraient susceptibles d'une application générale.

Après avoir démontré que l'hypothèse des anciens glaciers, comme celles des courants diluviens et des glaces flottantes, ne peut rendre compte de la distribution des blocs erratiques provenant du Westmoreland et surtout de leur dispersion jusque sur les *Wolds* du Yorkshire à l'est, M. Hopkins part de cette remarque, que, les détritus erratiques n'étant pas continus, rien ne prouve que ceux que l'on prend à une certaine distance les uns des autres soient contemporains et appartiennent par conséquent tous à l'époque quaternaire. Le gravier avec des coquilles récentes a sans doute été remanié dans la dernière période avec ces coquilles, mais il est possible qu'il ait été entraîné plus anciennement des roches d'où il provient. Ainsi, il n'est pas démontré que les blocs du Westmoreland et du Yorkshire qui reposent sur le nouveau grès rouge, puis sur les divers groupes de la formation jurassique, de la craie, etc., aient été distribués par le même phénomène et dans le même temps. Ajoutons encore que l'auteur suppose toujours que le transport ou mieux les transports ont été effectués lorsque la surface du pays était complétement sous les eaux de la mer.

A cette manière de voir on peut objecter que si les blocs et les graviers qui reposent sur le nouveau grès rouge lui avaient succédé plus ou moins immédiatement ils seraient contemporains du lias ou de quelques uns des groupes de la formation jurassique, et que, transportés, puis déposés sous la même nappe d'eau, on retrouverait aujourd'hui une liaison soit organique soit inorganique, dont il n'existe aucune trace, entre ces mêmes détritus et les sédiments de la mer jurassique. La même observation s'appliquant aux débris placés sur les couches crétacées et tertiaires, on arrive à reconnaître, contrairement à l'opinion de M. Hopkins, que ces détritus des montagnes de l'ouest, épars à la surface des couches secondaires et tertiaires, et qui ont partout les mêmes caractères, ont été dispersés après les plus récentes de ces couches, à une même époque, et que vus en grand, ils présentent, par rapport aux dépôts qu'ils recouvrent, une véritable discordance de stratification, bien que leurs éléments ne constituent pas une masse suivie et continue comme le serait un banc de calcaire, de grès ou d'argile. Pour le géologue, la

non-contemporanéité alléguée n'est donc point admissible, et l'analogie des faunes dans tous les dépôts que les considérations exclusivement géologiques font regarder comme du même âge apporte à cette conclusion un degré de certitude qui équivaut à une démonstration mathématique.

Si une portion considérable du fond de la mer, dit plus loin l'auteur, vient à être élevée soudainement, presque toute la masse d'eau qui était au-dessus pourra être portée presqu'à la même hauteur, et une grande vague, appelée *vague de translation*, sera produite. Elle divergera du centre de soulèvement dans toutes les directions et sera accompagnée par un courant divergent aussi, dont la vitesse dépendra principalement de la profondeur de la mer, de la hauteur à laquelle l'eau a été soulevée et de la distance à laquelle la vague de translation s'est étendue. Ces courants, nommés *courants d'élévation*, sont les seuls que le savant mathématicien considère, et il ne conçoit pas qu'aucun autre ait eu la puissance de transporter les blocs du district des lacs du Cumberland et du Westmoreland.

Il fait voir que l'effet de ces courants sera tel que les petits fragments seront transportés plus loin que les gros, et que, pour que ceux-ci soient portés à une distance considérable, il faudra une répétition de l'action du courant, par conséquent plusieurs mouvements distincts d'élévation, puisque chacun d'eux ne produit qu'une vague de translation. En calculant le rapport de la profondeur de la mer avec la hauteur de la vague, et en déduisant la vitesse du courant, on trouve que, bien que les résultats soient seulement approximatifs, des élévations paroxysmatiques au-dessus de la mer, variant de 50 à 100 pieds de hauteur, peuvent produire des courants, dont la vitesse variera d'au moins 5 ou 6 à 15 ou 20 milles à l'heure, pourvu que la profondeur de la mer ne dépasse pas 250 à 300 mètres.

La force qu'un courant donné peut exercer sur des corps d'une certaine forme, entièrement immergés, a été déterminée expérimentalement. Cette force, appliquée à une surface dont la grandeur et la position sont données, croît comme le carré de la vitesse ; et il résulte de cette loi que, lorsqu'on estime la force, comme dans le cas des blocs erratiques, par le poids du plus grand bloc d'une forme donnée que le courant puisse transporter, la force varie comme la *sixième puissance* de la vitesse du courant. Ainsi, un certain courant étant capable de mouvoir un cube d'un poids dé-

terminé, un courant doué d'une vitesse double pourra remuer un cube ayant 64 fois le poids du premier ; si la vitesse est triple, le poids du cube remué pourra être 729 fois celui du premier, et ainsi de suite.

Après avoir indiqué l'influence de la forme des blocs sur leur mouvement plus ou moins facile, ainsi que celle de la profondeur de l'eau et de sa vitesse, M. Hopkins s'attache à démontrer que c'est sans doute à des chocs paroxysmatiques qu'est due la dispersion des blocs cambriens, et à des soulèvements successifs qui ont amené à 450 et 600 mètres au-dessus de la mer les roches anciennes immergées. S'appuyant ensuite sur un fait encore mal expliqué et peut-être incomplétement observé, celui de fragments dans un conglomérat de la base du nouveau grès rouge de l'est du Yorkshire, et qui semblent provenir originairement des environs de Kirkby-Stephen, il cherche de nouveaux arguments à l'appui de sa théorie, dans l'état supposé du relief sous-marin, après le dépôt du nouveau grès rouge, et au moment où, suivant lui, commencèrent à se disperser les premiers blocs erratiques.

Nous ferons remarquer que ce relief ne peut être que bien imparfaitement apprécié à la surface actuelle du nouveau grès rouge, et, à plus forte raison, au-dessous des couches jurassiques et crétacées qui lui ont succédé. Toutes les considérations de l'auteur nous semblent en outre peu convaincantes, lorsqu'on les oppose à un fait, aussi évident ici que sur toutes les pentes des montagnes, dans les plaines et les vallées de l'Europe centrale, savoir, que nulle part il n'existe de preuves positives que le transport de ces débris ait été effectué lorsque les surfaces qu'ils recouvrent actuellement étaient sous une nappe d'eau plus ou moins profonde, régulière et permanente, soit marine, soit lacustre, et momentanément soumise à des perturbations locales. Les preuves du contraire, bien que négatives quelquefois, suffisent cependant, par leur complet accord, pour repousser cette hypothèse.

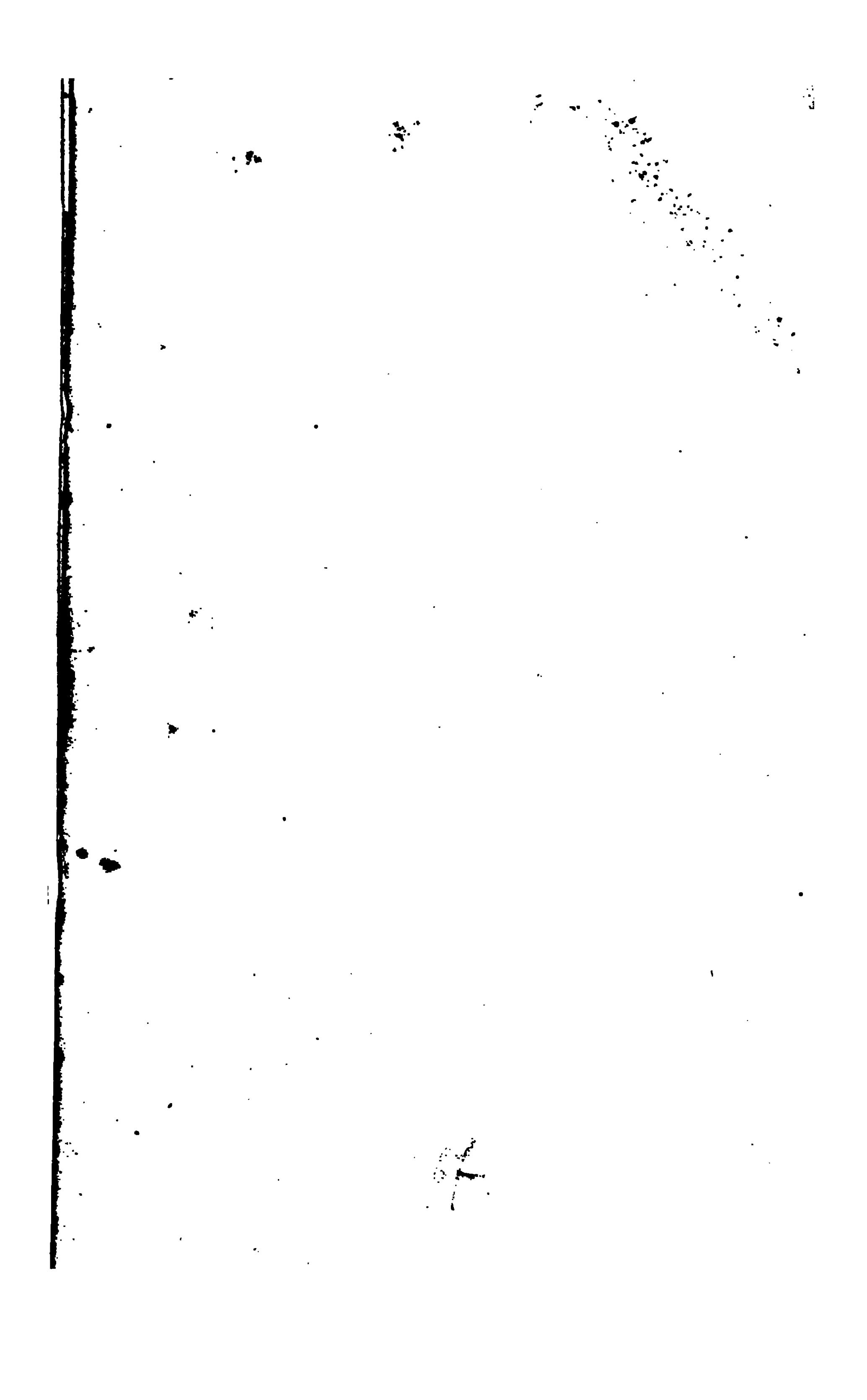
Il est difficile d'admettre que les blocs erratiques, de même que les surfaces polies et striées qui ont rayonné des massifs montagneux de l'intérieur des continents, soient dus à des mouvements de l'écorce terrestre qui auraient soulevé les eaux de la mer ou des grands lacs ; car sur ces points on n'observe aucune trace des dépôts marins ou lacustres dont ce phénomène aurait interrompu la formation. Les accumulations détritiques ne présentent en outre les débris d'aucune faune aquatique qui leur soit propre. Les fos-

siles qu'on y trouve proviennent d'animaux terrestres, quelquefois lacustres, mais tous plus récents que ceux de l'époque tertiaire, ou bien des débris marins remaniés provenant de terrains plus anciens. Le phénomène erratique, dans sa généralité et dans la région même à laquelle l'applique M. Hopkins, n'a donc pas eu lieu sous une nappe d'eau régulière et permanente comme l'exige la théorie. Celle-ci, vraie au point de vue mécanique, cesse de l'être vis-à-vis des faits naturels; car il y a dans cette question trois ordres de faits distincts : les faits géologiques, les faits organiques et les faits mécaniques; or l'auteur ne s'est préoccupé que de ces derniers.

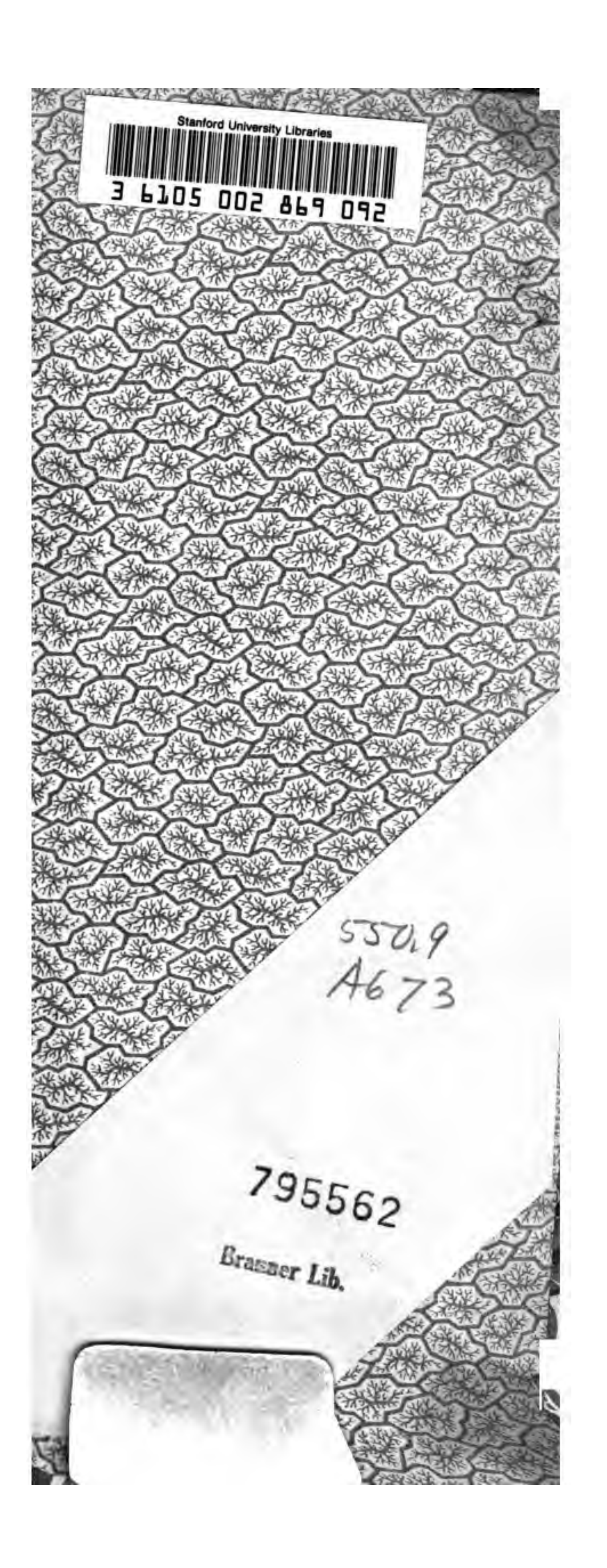
Les surfaces que les détritus recouvrent étaient émergées avant le phénomène et ont été balayées par des eaux sauvages, torrentielles et passagères, comme le démontrent les caractères et l'arrangement des matériaux transportés. Si le transport des blocs et des graviers résultait du soulèvement ou de plusieurs soulèvements successifs d'une surface immergée sous la mer, ayant occasionné une ou plusieurs vagues de translation, on devrait, au lieu d'animaux terrestres et d'eau douce, trouver dans les graviers et les cailloux roulés des débris d'animaux marins, et c'est ce qui a lieu, en effet, dans certaines localités dont nous avons parlé. Il y aurait aussi, comme pour les plages soulevées et l'emplacement des anciens lacs, des estuaires ou des bras de mer, des dépôts stratifiés formant des terrasses successives. Mais ces circonstances s'observent aujourd'hui dans le voisinage même de la mer ou des grandes masses d'eau intérieures, et il est facile de reconnaître que l'émersion de ces dépôts a une cause distincte et indépendante de la dispersion des détritus erratiques pour laquelle on l'invoque.

Enfin, dans les théories qui admettent que les stries, les sillons, les surfaces polies et les blocs erratiques sont dus à des causes sous-marines, on ne peut pas s'écarter du domaine que la mer a envahi d'une manière ostensible encore pour nous. Partout où les traces de sa présence récente n'existent pas, il faut avoir recours à d'autres explications, et ne pas oublier que les raisonnements basés sur les lois de la mécanique ou de l'hydrodynamique doivent, pour être admis, s'accorder avec les résultats fournis par l'ensemble des observations géologiques.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.



87


Stanford University Libraries
3 6105 002 869 092
5504.9
A673
795562
Branner Lib.

